



Muséum national d'Histoire naturelle

Sciences de la nature et de l'Homme : écologie et évolution – ED227

Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation / Equipe Ecologie des Communautés,

Macroécologie et Conservation

Les sciences participatives comme instrument de transition écologique ?

Une recherche-intervention au sein de l'Observatoire

Agricole de la Biodiversité

Par Olivier BILLAUD

Thèse de doctorat en Ecologie et en Sciences de gestion

Dirigée par Emmanuelle PORCHER et Etienne MACLOUF

Présentée et soutenue publiquement le ...

Devant un jury composé de :

M. Bretagnolle Vincent	Directeur de recherche	Centre National de la Recherche Scientifique	Rapporteur
Mme Chanut Véronique	Professeure des universités	Université Paris II Panthéon-Assas	Examinatrice
Mme Déjean Frédérique	Professeure des universités	Université Paris Dauphine	Rapportrice
M. Julliard Romain	Professeur du Muséum	Muséum national d'Histoire naturelle	Invité
Mme Sirami Clélia	Chargée de recherche	Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement	Examinatrice
Mme Porcher Emmanuelle	Professeure du Muséum	Muséum national d'Histoire naturelle	Co-directrice
M. Maclouf Etienne	Professeur des universités	Université Paris II Panthéon-Assas	Co-directeur



Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la [Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International](#).

Résumé

Cette thèse étudie comment un programme de science participative d'observation de la biodiversité agricole, l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB), est susceptible de participer à la transformation écologique des pratiques agricoles. A travers une recherche-intervention mobilisant l'écologie et les sciences de gestion, nous avons cherché à comprendre quels savoirs sont produits par l'OAB, ainsi que leur rôle respectif dans l'action des participants. Dans un premier temps, nous avons utilisé les données récoltées afin de produire deux études introduisant une dimension temporelle dans les relations entre les pratiques agricoles et la biodiversité. D'une part, nous avons analysé les tendances temporelles en abondance des groupes taxonomiques étudiés, à l'échelle de la France et sur la période 2011-2017. Nous avons ainsi identifié plusieurs corrélations entre les pratiques et les tendances nationales de la biodiversité. D'autre part, nous avons étudié les liens entre les cultures à floraison massive dans le paysage (colza et tournesol) et la présence ou la reproduction des abeilles solitaires. Nous avons ainsi noté une corrélation positive des cultures de colza et des prairies permanentes avec l'abondance d'abeilles solitaires l'année de culture, mais aussi l'année suivante, suggérant un effet bénéfique sur la reproduction. Puis, à la suite de ces analyses, nous avons mené une enquête sociale afin de mieux comprendre les contextes de mise en place de l'OAB et les apprentissages induits. Nous avons montré le succès du programme, qui questionne et ne rend pas indifférent ses participants. Mais des paradoxes sont aussi inhérents à ces différentes appropriations du programme. Ainsi, de nombreux participants ont développé une volonté de production de savoir normatif à partir des observations, pour déterminer les meilleures pratiques pour la biodiversité. Néanmoins, ni les analyses nationales trop détachées du terrain, ni les observations locales trop imprécises ne répondent à cette volonté. Cela entraîne potentiellement une distance entre les acteurs locaux et nationaux. Toutefois, d'autres appropriations moins normatives existent. Celles-ci valorisent socialement l'OAB ou l'utilisent comme outil d'animation pour matérialiser par l'observation les liens entre les pratiques et la biodiversité. L'observation naturaliste au cœur de l'OAB est ainsi un "objet-frontière" entre les différents acteurs du programme. Interprétée différemment selon les contextes et les points de vue, elle facilite l'action collective et la coopération de parties prenantes diverses. Le programme se révèle ainsi être un instrument d'action publique intéressant. Facilement approprié, il est polymorphe et est mobilisé par différents acteurs du monde agricole et dans des contextes variés. Par ailleurs, nous avons également identifié deux types

de relations différentes entre les agriculteur·rices et la biodiversité. Nous caractérisons d'une part une vision de la biodiversité comme patrimoine, un élément extérieur qu'il est important de préserver mais peu intégré aux pratiques agronomiques. D'autres agriculteur·rices vont cependant plus loin et développent une relation de confiance, la biodiversité devenant une vraie alliée dont ils/elles considèrent l'action lors des prises de décisions agronomiques. Finalement, nos résultats illustrent la position intermédiaire de l'OAB, à l'origine à la fois de savoirs "expérientiels" directement situés dans l'action, mais aussi de savoirs "diagnostics" liés à des bilans à plus grande échelle. Or, dans nos régimes industriels, ces premiers savoirs tirés de l'expérience sont novateurs mais fragiles. Il est alors important de rester vigilant pour développer et cultiver ces savoirs. En outre, l'intégration des relations au vivant est également une préoccupation nouvelle pour le management public. Face à l'incertitude soulevée par la nécessité de changer de pratiques et d'apprendre à travailler avec la variabilité du vivant, nous estimons que l'OAB peut être une forme inspirante pour l'action publique.

Abstract

In this PhD we study how a citizen science programme wherein farmers monitor the agricultural biodiversity on their fields, the Farmland Biodiversity Observatory (FBO – OAB in french), is likely to contribute to the ecological transformation of agriculture. Through an intervention research combining ecology and management sciences, we investigated what knowledge is produced by the FBO, as well as its respective role in the action of the farmers. First, we used the data collected to produce two studies introducing a temporal dimension into the relationship between agricultural practices and biodiversity. On the one hand, we analysed the temporal trends in abundance of the taxonomic groups studied, at the scale of France and over 2011-2017. We thus identified several correlations between practices and national trends of the biodiversity. In addition, we studied the links between the amount of massive flowering crop in the landscape (rapeseed and sunflower) and the breeding of solitary bees. We observed a positive correlation of rapeseed crops and permanent grasslands with the abundance of solitary bees in the year of cultivation, but also the following year, suggesting a positive effect on the breeding. Following these analyses, we conducted a social study to better understand how the OAB was implemented, depending of the context. We looked for participants' learnings. We showed that the FBO is a success, which lead to questions and did not leave its participants indifferent. But paradoxes are also inherent in these FBO appropriations. Thus, many participants elaborated a desire to produce normative knowledge based on observations, to determine the best practices for biodiversity. However, neither national analyses that are too far from the field, nor local observations that are not accurate enough, meet this expectation. This potentially leads to a distance between local and national actors. However, other less prescriptive appropriations exist. These give social value to the OAB or use it as a tool for promoting the links between practices and biodiversity through observation. Thus, the naturalist observation at the center of the OAB is a "boundary object", between the various stakeholders. Interpreted differently depending on the context and points of view, it facilitates collective action and cooperation between stakeholders. The programme thus proved to be an interesting policy instrument. Easily appropriated, it is polymorphous and used by actors from the agricultural sector in different contexts. Moreover, we also identified two different types of relationships between farmers and the biodiversity. On the one hand, we described an approach of the biodiversity as a heritage, an external element that must be protected but that is not integrated into the agronomic practices. Other farmers, however, went further and created a relationship

of trust with the biodiversity that became a real ally whose action participated in the agronomic decision-making. Finally, our results illustrated the intermediate position of the FBO. It creates both "experiential" knowledge directly situated in action, and "diagnostic" knowledge linked to larger-scale assessments. However, in our industrial systems, this first knowledge drawn from experience is innovative but fragile. It is therefore important to remain vigilant in developing and cultivating this knowledge. Moreover, the integration of relations with living organisms is also a new concern for public management. Faced with the uncertainty raised by the need to change practices and to learn to how to work with the variability of living organisms, we believe that OAB may be an inspiring form of public action.

Remerciements

Ces travaux n'auraient pas pu voir le jour sans les apports d'Emmanuelle Porcher et d'Étienne Maclouf, mes co-directrice et co-directeur de thèse. Merci d'avoir osé écrire ce projet interdisciplinaire et de m'avoir offert l'opportunité de mener cette odyssée avec une grande liberté. Merci de m'avoir accompagné dans cette aventure, d'avoir su rééquilibrer le navire, quand celui-ci tanguait, la faute à un timonier enivré d'idées et de la bibliographie de l'autre bord. Vous avez fait preuve d'une grande ouverture d'esprit et d'une éternelle patience (surtout face à mes brouillons désordonnés!). C'est grâce à vous que l'embarcation n'a pas chaviré.

Emmanuelle, merci de m'avoir offert l'opportunité de venir travailler au CESCO, où les sciences de conservation se déploient avec tant de vigueur et d'enthousiasme. Je mesure la chance que j'ai eu en étant ton doctorant! Merci pour ton soutien permanent, pour ta pédagogie en statistique, pour ton radar à fautes d'orthographe (et ton indulgence!) et pour ta rigueur scientifique, incroyablement précise pour disposer des commentaires là où je savais que j'avais été trop diligent (pour ne pas dire fainéant...). Tu m'as adroitement poussé à produire un travail rigoureux et à construire mon raisonnement.

Étienne, merci pour m'avoir accompagné dans cette plongée dans les sciences de gestion. Tu m'as laissé m'immerger pour chercher ma voie, le courant que je voulais approfondir. Tout en me procurant une ancre, un appui sur lequel faire part de mes doutes, de mes interrogations sur ma recherche. Merci pour ta finesse de réflexion, pour être venu questionner mes interprétations et les mots que j'employais sans pour autant contraindre ma pensée.

Je réalise combien la possibilité de travailler avec vous fut précieuse et enrichissante!

Je remercie chaleureusement Frédérique Déjean et Vincent Bretagnolle d'avoir accepté d'être rapportrice et rapporteur de ma thèse, ainsi que Véronique Chanut, Clélia Sirami et Romain Julliard qui viennent compléter ce jury. Je vous remercie pour l'attention accordée à mes travaux et je me réjouis de pouvoir échanger avec vous.

Je remercie également François Chiron, Elodie Brûlé-Gapihan, Audrey Alignier et Bastien Viollet pour avoir accepté de participer à mes deux comités de thèses. Vos

conseils furent précieux pour le bon déroulé de ces travaux.

Merci également à tous les agriculteur·rices et animateurs·rices que j'ai pu rencontré·e-s et qui m'ont accordé un peu de leur temps. Votre témoignage m'est précieux.

Toutefois un voyage ne se vit pas seul : un grand merci à tous les membres du CESCO! J'avais été prévenu de la bonne ambiance dans ce navire et je n'ai pas été déçu. Conservez et cultivez cette vie d'équipage!

Merci aux moussaillons de la cabine Coquelicot : Alain ce fut un plaisir de partager le bureau avec toi, toujours le sourire et prêt à t'investir pour le groupe; Margaux pour les échanges passionnants sur l'agriculture, pour l'aide lors du focus groupe à Nancy et pour ta sensibilité tellement enrichissante; Tanguy et Eduardo, acolytes de quart en fin de thèse, merci pour ces moments partagés et d'enrichissement mutuels de nos travaux, bon courage pour terminer; Anya et Typhaine pour votre énergie, votre gentillesse et votre dévouement pour le groupe; Gabrielle on n'aura pas partagé longtemps le bureau mais merci pour m'avoir fait découvrir les pains au chocolat de la boulangerie; Laura pour avoir partagé ton expérience en science de gestion et m'avoir accueilli dans ce monde; Lucie pour ces discussions passionnantes sur la société et les sciences sociales.

Merci également aux autres matelots croisés dans les coursives du 61. Minh-Xuan pour ton soutien et les excellents moments partagés, j'espère que tu te plais en Suède! François pour ton humour et les bons moments, le pont est plus (trop?) calme sans toi; Julie et Maud pour votre soucis des autres et vos bons conseils; Suzanne et Baptiste pour ces repas et discussions partagés lorsque le labo était vide; Anne-Caroline pour m'avoir intégré dans l'équipe TEEN, pour l'animation des sciences sociales au labo et la création du beau collectif qu'est le TRUC; Sabine pour ces séances de rangement de la salle café; Colin pour ta bonne humeur et les bons plans sandwiches à midi; et tous les autres JB, François S, Yves, Flavie, Sandrine, Chloé, Luc, Nathalie...Un grand merci spécial à Fanny pour les réflexions et questionnements sur mes travaux et les nombreuses références partagées. Mes travaux leur doivent beaucoup.

Je tenais aussi à remercier toute l'équipe d'animation de l'OAB. Vous fûtes les excellents gabiers du bâtiment, tenant la voile! C'est grâce à votre travail que l'OAB et que mes travaux existent! Merci à Roseline pour avoir initié ce beau projet et m'avoir accueilli au sein de l'OAB. Ce fut un plaisir de travailler avec toi et je te souhaite tout le bonheur avec ta belle famille qui s'agrandit. Merci à Christophe pour ta bonne humeur, ton entrain communicatif et tout ce que tu as su apporté à l'OAB. J'ai eu de la chance de pouvoir t'y croiser! Merci aussi à l'équipe des 4M (ou presque) de l'OAB, Marine, Marion, Marie et Nora. Ce fut un plaisir de travailler avec vous dans cette bonne ambiance mais aussi cette efficacité. Merci également à Greg, Benoît, Anne et Camila pour faire vivre ces beaux programmes de sciences participatives ainsi qu'à Hugo pour m'avoir grandement aidé à communiquer sur mes résultats. Merci aussi

aux gestionnaires, petites souris de la cale mais sans qui tout le labo prendrait l'eau. Je n'oublie pas également le reste de l'équipage du 135, toujours prête à s'aventurer à la pêche au bar! Merci Diane, les outardes Alice et Robin, Thibaut, Simon, Léo, Iandry, Anne-Christine, Adrienne, Charles, Tom et tous les autres pour avoir partagé ces verres devant la cantine.

Merci aux mousses que j'ai eu la chance d'encadrer, vos travaux de stage ont fortement contribué à ces travaux. Merci à Victor pour sa bonne humeur et sa redoutable efficacité dans les analyses. C'est grâce à toi qu'un chapitre de cette thèse a pu voir le jour. Je te souhaite toute la réussite possible dans ta thèse qui démarre. Merci à Ludovica et à Cassandra, pour vos travaux à distance malgré les conditions de travail difficiles. J'espère que nous pourrons finaliser un jour ce que vous avez commencé à créer! Merci à Dylan pour ton écoute et ta volonté, ce fut un plaisir de t'encadrer!

Une mention spéciale aux fidèles loups de mer toujours prêts à partir en manif : Alain, MX, François, Emmanuelle, Lucie, Sabine, Thomas, Nora, Anya et Simon. Domage que le Covid ait empêché un printemps social prometteur. Nous aurons au moins un peu appris ensemble à embarquer dans les mouvements sociaux. Ne perdez pas la motivation et gardez la niaque, la tempête n'est malheureusement sûrement pas finie...

Enfin, il faut aussi savoir accoster et mettre pied à terre au bon moment. Merci à Aude et Magali pour l'accueil au DYNAFOR ainsi qu'à tous leurs collègues de Toulouse et au GdR Ecostat pour avoir financé cet échange. Merci aussi aux deux Romains et à Benoît pour m'avoir guidé lors de deux belles sessions de STOC. Ce fut des moments formateurs qui donnent envie d'apprendre à baguer! Merci également à Nathalie pour faire vivre cette école doctorale tellement bienveillante. Une pensée aussi pour Manon, ce fut un plaisir de travailler et de discuter avec toi dans le conseil de l'ED (et autour d'une bière), bon courage pour la fin de thèse et la suite! Je remercie aussi l'équipe du Département Publications & Open Access de Sorbonne Université pour m'avoir accueilli dans le cadre ma mission doctorale. Ce fut une belle expérience et une excellente formation sur la science ouverte qui a influencé également le gouvernail de ces travaux. Merci Sébastien, Violaine, Julien et tous les autres.

Cette page de remerciement est aussi le moment saluer tous ceux qui m'accompagnent depuis longtemps et m'ont permis d'embarquer. Merci à Alexandre et Paul pour ces décennies d'amitié et tous ces moments partagés qui m'ont forgé. Merci Sylvain, Léo, Louis et Loïc pour ces interminables soirées de jeux de société. Merci aux sancto-ludoviciens, cela fait maintenant plus de dix ans que nous nous sommes rencontrés en début d'étude! Merci Antoine, Nicolas, François, Manu et Christophe, vous êtes une belle bande d'amis. Merci également à Anna, petite blonde de la Réunion, cela me fait plaisir de te voir t'épanouir là-bas. Merci aussi à Lilian pour cette amitié forestière. Sans oublier les GMN, ces amoureux de la nature avec qui je peux enfin prendre le temps de regarder tous les papillons et toutes les plantes d'une rando! Merci

Sixtine, Sophie, Cédric, Marion, Gustave, Samuel, Thorsen, Polo. Merci également à tous les Phoenix de Montrouge, vous êtes une belle famille pour le meilleur des sports! J'espère pouvoir vous retrouver longtemps sur les terrains et dans la communauté de l'ultimate.

Merci à ma famille. On réalise avec le temps l'importance du cadre dans lequel on grandit et je peux dire que j'ai eu de la chance! Merci Adrien et Eric, des frères que je sais avoir à mes côtés. Merci Caroline pour ta bonne humeur permanente et être venue rajouter un peu de féminité dans cette famille de gars. Merci Matty pour avoir rejoint la famille, j'ai hâte de te voir grandir. Merci Liudmila pour ta générosité et ton flot de questionnement qui débouche toujours sur des discussions endiablées. Une pensée pour Kuzya, cher félin au caractère bien trempé et à la grande intelligence, qui a rythmé ma rédaction de l'été. Enfin un énorme remerciement pour Pascale et Philippe, mes formidables parents. Merci pour avoir pris soin de moi et de m'avoir élevé de cette manière. Je ne suis pas toujours le plus grand des bavards, ni le plus doué pour exprimer ma gratitude mais c'est peut-être parce qu'il n'y a pas de mots assez forts pour exprimer ce que je vous dois.

Enfin merci Alexandra, sirène et figure de proue du navire. Merci pour ta grande gentillesse, pour le soin que tu accordes aux autres et qui m'inspire, ainsi que pour tout le temps passé ensemble. Merci de supporter mes divagations incessantes et ma capacité à m'éparpiller. Heureusement qu'une marmotte vient mettre un peu d'ordre dans tout ça! Nous étions faits pour nous équilibrer. Nos périple de thèse se terminent mais l'odyssée va encore longtemps continuer ensemble.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	5
Remerciements	7
Table des matières	11
Table des figures	16
Liste des tableaux	18
Liste des abréviations	19
Note aux lecteurs et lectrices	20
Avant-propos	22
Introduction générale	23
I Contexte, objet d'étude et méthodologie	35
1 Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique	37
1.1 La crise de la biodiversité et le rôle de l'agriculture	37
1.1.1 Nommer et surveiller la crise de la biodiversité	37
1.1.2 L'agriculture intensive questionnée	42
1.2 L'agriculture intensive en France et en Europe : caractérisation socio-technique et régimes de savoirs	47
1.2.1 Le développement d'un nouveau régime éco-socio-technique .	48
1.2.2 Le secteur agricole : du management public à un nouveau capitalisme agricole	51
1.3 Alternatives et résistances à l'agriculture intensive	54
1.3.1 Les différentes critiques du modèle dominant	55

1.3.2	La complexe question du changement en agriculture : entre individu récepteur, collectifs de pratiques, environnement socio-économique et institutionnalisation des alternatives	60
1.3.3	Place des savoirs et autonomie de l'agriculteur-riche : un enjeu sous-jacent de l'écologisation des pratiques agricoles	63
2	L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques ?	67
2.1	Les sciences participatives, productrices de données sur la biodiversité et vectrices d'apprentissages	67
2.1.1	Les sciences participatives pourvoyeuses de données pour le suivi de la biodiversité	69
2.1.2	Les sciences participatives, moteurs d'innovations et de sensibilisation	69
2.2	L'OAB : un programme pour mieux connaître la biodiversité agricole et donner des capacités d'actions aux agriculteur-rices	71
2.2.1	Un observatoire national de la biodiversité agricole	71
2.2.2	Les protocoles d'observation de la biodiversité	73
2.2.3	Interroger le fonctionnement de l'OAB et son intégration à l'écologisation des pratiques	75
2.3	A la croisée des mondes : entre écologie et sciences de gestion	78
2.3.1	L'écologie, science de l'habitat	78
2.3.2	Les sciences de gestion : vers une théorie de l'action collective	79
2.4	Apports des données de l'OAB : intégrer une dimension temporelle aux liens agriculture-biodiversité	82
2.5	L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, un outil de gestion publique	83
2.5.1	La vague de rationalisation moderne : les outils de gestion omniprésents dans nos organisations	84
2.5.2	Faire dialoguer les cadres d'analyse pour étudier l'OAB	87
2.5.3	L'OAB comme instrument d'action publique	94
3	Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative	99
3.1	Évolution de la posture vers la recherche-intervention	99
3.2	Position épistémologique : démarche compréhensive et cadre constructiviste pragmatique	101
3.2.1	Une approche pragmatique, confronter le savoir à l'expérience	101
3.2.2	Le paradigme constructiviste pragmatique : un cadre permettant d'associer écologie et sciences de gestion	103
3.3	Écologie, épistémologie et inférence statistique	105
3.3.1	Entité écologique ou unité de mesure?	106
3.3.2	Produire du savoir écologique statistique	106
3.4	Enquêtes qualitatives auprès des participants de l'OAB	108
3.4.1	Production des données	108
3.4.2	Des entretiens complémentaires entre eux	111

3.5	Analyse des données qualitatives	113
3.5.1	Codage multithématique	113
3.5.2	Le codage en pratique	116
II	Observer pour étudier : apports des données de sciences participatives pour documenter les liens entre la biodiversité, les pratiques agricoles et le paysage	121
4	Relier les tendances temporelles de la biodiversité avec les pratiques agricoles et le paysage	123
4.1	Produire des tendances temporelles en abondance de la biodiversité agricole	123
4.1.1	Détails méthodologiques : indice de biodiversité, caractérisation des pratiques et modélisation	123
4.1.2	Résultats et discussion : des tendances inquiétantes mais qui soulèvent des pistes d'amélioration	124
4.2	Article	125
4.3	Annexes de l'article	140
5	Influence inter-annuelle des cultures à floraison massive sur les abeilles solitaires	171
5.1	Étude des effets des cultures de colza et de tournesol sur les observations dans les nichoirs à abeilles solitaires	171
5.1.1	Contexte et méthodologie	171
5.1.2	Résultats et discussions : effet positif du colza, plus ambigu pour le tournesol	172
5.2	Article	173
5.3	Annexes de l'article	199
III	Quels savoirs pour travailler avec le vivant et comment les produire ? Usages de l'OAB, relation avec la biodiversité et place des savoirs "expérientiels" dans un régime de savoir industriel	207
6	Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique	209
6.1	Les paradoxes, une nouvelle perspective d'analyse en sciences de gestion	209
6.1.1	La pensée paradoxale, source de compréhension des dynamiques organisationnelles	210
6.1.2	Catégorisation et régulation des paradoxes	211
6.1.3	Paradoxe et outil de gestion	212
6.2	Produire un savoir normatif local à partir de données standardisées et ancrées dans leur milieu : un paradoxe de performance	214

6.2.1	Face à l'incapacité de produire un savoir normatif opérationnel	214
6.2.2	Entre comparaison et contingence des savoirs	219
6.3	Participer à une étude nationale tout en donnant du sens localement : paradoxe identitaire et d'organisant	222
6.4	Au-delà de la démonstration : un outil de réflexion sur la biodiversité et un vecteur de lien social	225
6.4.1	Un outil d'animation plutôt que de rationalisation	225
6.4.2	Une source de légitimité socio-politique importante et un vecteur de relations interculturelles entre les mondes professionnels agricole et naturaliste	227
6.5	Mobiliser les sciences de gestion pour décrire les rationalisations sous-jacentes au fonctionnement d'un programme de science participative	230
6.5.1	Entre contrainte et habilitation, l'OAB offre la possibilité de multiples appropriations	230
6.5.2	Travailler avec la variation du vivant, un saut qualitatif nécessaire et un paradoxe d'apprentissage	232
6.6	Générer des attentes et maintenir une flexibilité interprétative des observations : l'OAB, forme inspirante d'instrument d'action publique . .	233
6.6.1	La recherche de proximité de l'instrument génératrice de paradoxe : succès d'un programme qui suscite des attentes	234
6.6.2	L'observation naturaliste, un objet-frontière auquel chaque participant donne sens	235
6.6.3	L'observation naturaliste, un objet-frontière au sein d'un instrument d'action faiblement couplé et polymorphe	238
7	Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique	241
7.1	De la protection à la confiance : évolution du rapport à la biodiversité .	241
7.1.1	Bien faire son travail : favoriser et ne pas fragiliser la biodiversité	241
7.1.2	Trouver une alliée, apprendre à faire confiance à la biodiversité	244
7.2	Un apprentissage naturaliste progressif mais un saut qualitatif dans l'activité	246
8	De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expé- rientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public	250
8.1	La démarche participative, une innovation en interaction avec le régime industriel dominant	252
8.1.1	Perspective multi-niveaux sur la place du savoir expé-rientiel et de l'OAB dans les connaissances agricoles	252
8.1.2	Faire monter en capacité l'individu ou l'organisation	256
8.2	Réfléchir au positionnement de la recherche dans les démarches participatives	257

8.3	Intégration de l'OAB dans la transformation écologique des pratiques agricoles : place des savoirs produits et cohérence dans l'action publique	259
8.3.1	Apprécier la pertinence d'un grand projet d'évaluation de la biodiversité et des pratiques agricoles	260
8.3.2	L'OAB doit s'intégrer dans une action publique plus globale, visant à libérer des espaces d'actions aux agriculteur·rices	262
8.4	Conclusion du chapitre 8	263
	Conclusion	264
	Bibliographie	271
	ANNEXES	297
A	Résultats des analyses de l'OAB présentés lors des entretiens	297
B	Communication AIRMAP	299

Table des figures

1.1	Les différentes composantes de la biodiversité.	39
1.2	Évolution de l'abondance des populations d'oiseaux communs spécialistes en métropole.	41
1.3	Exemples de déclin observés dans la nature, provoqués par des facteurs directs et indirects.	46
1.4	Évolution de la valeur ajoutée et du revenu de l'agriculture en monnaie constante depuis les années 70.	56
1.5	Vision dynamique de l'innovation environnementale.	63
2.1	Résumé des caractéristiques des champs de recherche scientifiques, industrielles et citoyennes.	68
2.2	Carte des réseaux locaux de l'OAB ayant participé entre 2011 et 2018	72
2.3	Protocole d'observation des abeilles solitaires.	74
2.4	Protocole d'observation des invertébrés terrestres.	74
2.5	Transect papillons et les espèces identifiées.	76
2.6	Protocole d'observation des vers de terre.	76
2.7	Groupes d'espèces de vers de terre en fonction de leur mode de vie.	77
2.8	Protocole d'enregistrement des chiroptères.	77
2.9	Deux études d'écologie menées à partir des données de l'OAB.	84
2.10	Rapprochements et complémentarités entre les trois cadres principaux d'analyse des outils de gestion.	92
2.11	Synthèse des principaux courants d'étude des outils de gestion.	95
2.12	Typologie des instruments de l'action publique en fonction du rapport au politique.	96
3.1	Carte des entretiens réalisés.	111
3.2	Évolution de la démarche et des questionnements au fil de la thèse.	118
6.1	Trois dimensions du paradoxe.	210
6.2	Relations mutuelles entre les catégories de paradoxe.	213
6.3	Différentes échelles des paradoxes observés à partir de la volonté de valorisation des données.	224
6.4	Résumé des usages et paradoxes autour de l'OAB.	231
6.5	Insertion de l'objet-frontière dans des mouvements de structuration.	237

7.1	Comparaison des deux relations décrites entre les agriculteur·rices et la biodiversité.	246
A.1	Tendances temporelles en grandes cultures présentées lors des entretiens.	297
A.2	Tendances temporelles en prairies présentées lors des entretiens. . . .	298

Liste des tableaux

3.1	Liste des entretiens réalisés.	109
3.2	Liste des évènements suivis.	112
3.3	Thématiques mobilisées pour le codage qualitatif.	117

Liste des abréviations

AEI : Agriculture Écologiquement Intensive
APCA : Association Permanente des Chambres d'Agricultures
CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels
CIVAM : Centres d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural
CNJA : Centre National des Jeunes Agriculteurs
ENI : Effet Non-Intentionnel
FNSEA : Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles
GIEC : Groupes d'Experts Intergouvernementale sur le Climat
GIEE : Groupement d'Intérêt Économique et Environnementale
INRA : Institut National de Recherche Agronomique
IPBES : plateforme Intergouvernementale Scientifique et Politique sur la Biodiversité et les Services Écosystémiques
MCF : Culture à Floraison Massive
MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
NPM : Nouveau Management Public
OAB : Observatoire Agricole de la Biodiversité
OSE : Ordre Socio-économique
PAC : Politique Agricole Commune
PECGL : Paradigme Épistémologique Constructiviste selon Guba et Lincoln
PECP : Paradigme Épistémologique Constructiviste Pragmatique
PNA : Plan National d'Action
RSE : Responsabilité Sociale et Environnementale
RPG : Registre Parcellaire Graphique
SAFER : Sociétés d'Aménagement Foncier et d'Établissement Rural
STOC : Suivi Temporel des Oiseaux Communs

Note aux lecteurs et lectrices

Anonymat

Afin de préserver l'anonymat des personnes rencontrées, aucun prénom et aucun nom n'est utilisé dans cette thèse.

Conventions d'écriture

Les propos des personnes enquêtées, issus d'entretiens approfondis enregistrés puis retranscrits, sont entre guillemets et en italique. La ponctuation "[...]" note qu'une partie du discours de la personne enquêtée a été coupé. Cette pratique reste faible, mais elle nous permet de mettre en cohérence plusieurs phrases d'une même personne et d'éviter certaines "digressions" (relativement à ce que veut illustrer la citation) assez longues.

Les citations issues de sources bibliographiques sont entre guillemets, en italique, insérées directement dans le corps du texte.

Les termes en anglais sont en italique, de même que certains termes associés à des concepts que je souhaite mettre en avant.

Conventions de citations

Les citations dans le texte indiquent l'ensemble des auteurs lorsque ceux-ci sont trois ou moins. Au-delà, le nom du premier auteur est indiqué suivi de l'expression "et al."

Écriture inclusive

La thèse intègre des mots en écritures inclusive. Je sais que ce choix peut faire débat. Ce mode d'écriture n'est pas conseillé par l'académie française¹ et présente des limites (focalisation sur la discrimination de genre aux détriments des autres, élitisme, etc).

Je reconnais le caractère imparfait de cet outil. Afin de ne pas alourdir la lecture, j'emploierai l'écriture inclusive seulement pour deux métiers : agriculteur-riche et animateur-riche. Je ferai aussi les accords avec ces mots en écriture inclusive. Pour des

1. <https://www.academie-francaise.fr/actualites/lettre-ouverte-sur-lecriture-inclusive>

raisons de fluidité de lecture, j'ai néanmoins préféré la forme "ils/elles" plutôt qu' "il-elle-s". Enfin, j'ai préféré l'écriture inclusive aux formulations du type "les agriculteurs et agricultrices", qui me semblaient plus difficiles à lire lorsqu'elles sont incluses dans de longs paragraphes. Je reste conscient que ce ressenti est personnel et influencé par les habitudes d'écriture dans mon cercle familiale et professionnel. Dans le cas de citation d'extraits d'entretiens, l'écriture inclusive n'est pas mobilisée, pour respecter les paroles exactes des personnes enquêtées.

Ce choix est politique et relationnel. L'écriture inclusive vise montrer la participation à mon travail des femmes que j'ai rencontrées et qui m'ont accordé du temps et leur parole. Cette décision est prise dans le cadre de cette thèse et de ma relation à mon travail et n'a pas vocation à s'imposer dans d'autres situations.

Avant-propos

Si elle devait exister, ma thèse devait être interdisciplinaire entre l'écologie et les sciences sociales. C'était ma conviction en fin d'études. Amoureux de la nature, je ne m'imaginai pas approfondir un sujet d'écologie sans pouvoir le relier à nos sociétés, à nos activités et surtout aux enjeux environnementaux contemporains. Et pourtant, d'une terminale scientifique à une école d'ingénieur en passant par une classe préparatoire en biologie, mon monde intellectuel fut longtemps pauvre en recul social. J'avais pourtant au fond une attirance pour ces sujets, il me manquait une étincelle et une opportunité.

L'étincelle crépita dans mon deuxième master, lorsque j'eus la chance de découvrir les sciences de gestion. Certains professeurs vous marquent à vie. Ce fut le cas de Laurent Mermet, de sa capacité à susciter la réflexion de son auditoire et de mener des échanges qui rendaient ses cours tellement stimulant intellectuellement. Un monde de gestion s'ouvrait à moi, avec ses théories et leur capacité à interroger le sens de nos actions collectives face aux enjeux environnementaux. Je ne remercierai jamais assez ce grand esprit pour cette belle introduction aux sciences de gestion.

L'opportunité se présenta avec cette proposition de thèse qui invitait justement à combiner l'écologie aux sciences de gestion. Merci à Emmanuelle et Étienne de m'avoir ouvert cette voie. J'espère avoir mené cette aventure interdisciplinaire à bon port. Bien sûr, cette thèse est incomplète, car ces deux disciplines foisonnent d'idées et qu'elles s'intéressent à des enjeux contemporains, où se mêlent pensée et action. C'est pour cela qu'elles sont passionnantes. Certains éléments pourront paraître inhabituels et modifier des habitudes disciplinaires. J'espère néanmoins que les lecteurs pourront néanmoins reconnaître leur discipline, mais avec un petit décalage. J'aspire humblement à ce que cette petite graine, cette hésitation, ce possible, vienne enrichir les réflexions et les perspectives de ces disciplines.

Introduction générale

Engager des changements de pratiques à partir de la production participative de nouveaux savoirs agroécologiques

Le développement de nos sociétés modernes et industrielles a provoqué de nombreuses mutations dans nos modes de vie. Aujourd'hui nous sommes conscients que nos modes de production détériorent les écosystèmes et pourtant, malgré les alertes environnementales, le bilan continue de se dégrader. Jusqu'ici les initiatives visant à transformer nos systèmes productifs pour limiter leurs effets négatifs n'ont pas réussi à dévier notre trajectoire et à nous sortir de cette inertie destructrice. Dans ce constat, l'agriculture intensive apparaît comme un des principaux facteurs responsables des dégradations environnementales et de l'érosion de la biodiversité (MERINO et al. 2019). Développée après-guerre sur la motorisation, la chimie et la génétique, celle-ci devait prioritairement satisfaire les objectifs de sécurité et de souveraineté alimentaire des sociétés modernes. Son expansion en France reposa sur la construction d'un véritable régime sociotechnique, soutenu par une action publique importante (BRUNIER 2016) et en charge de produire les connaissances et techniques devant être appliquées dans les champs, afin de moderniser les pratiques. Mais ces nouvelles pratiques agricoles ont rapidement fait l'objet de nombreuses critiques environnementales (pollution aux engrais, perte de fertilité et érosion des sols, appauvrissement nutritionnel des aliments sélectionnés génétiquement, destruction des habitats et des espèces...) et sociales (mise à l'écart d'un grand nombre d'agriculteur·rices, perte d'autonomie, scandale sanitaire...). Longtemps légitimé pour sa grande production alimentaire, le secteur agricole est aujourd'hui enjoint de changer ses pratiques. Or le paysage institutionnel s'est encore complexifié depuis la modernisation agricole et la transformation des pratiques s'avère être un véritable défi pour nos sociétés.

La production participative des savoirs agricoles s'insère dans des régimes de connaissances qui contraignent les pratiques

L'enjeu d'écologisation des pratiques (DEVERRE et DE SAINTE MARIE 2008) a progressivement pris de l'ampleur et acquis une place importante dans les discours politiques et l'action publique. Pour autant, malgré plusieurs décennies d'actions agro-environnementales, les politiques publiques peinent à répondre à cet enjeu

(BUSCA 2010). Les travaux de sociologie de l'action publique ont montré ces impasses. En particulier, le prisme de l'analyse stratégique a remis en cause la participation comme gage de changement, idée pourtant forte en France et au cœur du Grenelle de l'Environnement de 2007. A l'inverse, cet angle d'étude révèle l'inertie créée par la capacité du secteur agricole à négocier "*toujours plus de modernisation et de développement agricole*" (MERMET 2010). Analysant les jeux d'acteurs et les rapports de force, ces travaux de sociologie politique remettent en cause la capacité des modèles participatifs à engager des décisions politiques agro-environnementales ambitieuses et capables de transformer les pratiques agricoles. Néanmoins, l'idée de participation des acteurs agricoles n'est pas restreinte à la négociation des politiques de développement agricole. Au-delà de convaincre politiquement les acteurs de la nécessité du changement, il est également nécessaire de savoir comment changer, d'être capable de mettre en place de nouvelles techniques agronomiques. Ainsi, de nombreuses initiatives publiques intègrent d'importants volets visant à développer directement avec les agriculteur·rices et le secteur agro-alimentaire de nouvelles pratiques et de nouveaux savoirs pour faciliter la transformation écologique. Cela fut par exemple le cas des plans Ecophyto et Ecophyto 2, qui visaient un objectif phare de réduction de moitié de l'usage des pesticides en 2018 puis 2025, avec des résultats pour l'instant mitigés (AULAGNIER 2020; GUICHARD et al. 2017). Ces plans reposent ainsi en partie sur le réseau DEPHY², constitué de fermes de démonstration conçues pour expérimenter et déployer des techniques économes en produits phytosanitaires. Ils sont également à l'origine en 2012 du réseau de biovigilance 500 ENI, composé de 500 parcelles faisant l'objet de suivis de biodiversité afin de tester les effets non-intentionnels (ENI) des produits phytosanitaires (FRIED et al. 2019). De même, le plan d'action global pour l'agroécologie lancé en 2014 voulait introduire une mutation des façons de produire et repenser les modes de production. Il a donc travaillé aussi en partie sur la production de connaissances agroécologiques, par exemple en introduisant les Groupements d'Intérêt économique et Environnemental (GIEE) qui sont des collectifs d'agriculteur·rices à la recherche de nouvelles pratiques pour des performances économiques, environnementales et sociales. Il a également œuvré au niveau de l'éducation agricole avec le Plan à Produire Autrement. Ces initiatives traduisent l'espoir d'une part que les acteurs du monde agricole seront effectivement en capacité de développer de nouveaux savoirs favorables à l'environnement, et d'autre part que l'apport de ces connaissances induira des changements de pratiques.

Cette aspiration mérite cependant d'être tempérée. Ainsi, GUICHARD et al. (2017) ont montré l'échec du plan Ecophyto en l'imputant aux effets de "verrouillage sociotechnique". Les acteurs agricoles, et en particulier les agriculteur·rices, sont encastrés dans des filières et des systèmes de production qui reposent sur les pesticides. L'ensemble des interdépendances qui relient les acteurs économiques verrouille le système, entraînant une grande inertie. Par ailleurs, un doute peut être émis sur la capacité de

2. <https://agriculture.gouv.fr/les-fermes-dephy-partout-en-france-des-systemes-de-production-performants-et-economes-en-0>

ces acteurs à produire des connaissances susceptibles de transformer le système de production actuel. En effet, selon l'historien Bertrand Gille, un système technique moderne naît à partir d'une base de connaissances mais façonne ensuite celles dont il a besoin, il "*crée la science qui lui est nécessaire*" (GILLE 1978). Ces analyses ne proposent pas d'étudier les changements de pratiques agricoles sous la perspective des jeux d'acteurs et des volontés politiques. En revanche, elles offrent de prendre du recul pour réinsérer les décisions techniques dans leurs *régimes de connaissance* (LAURENT et LANDEL 2017). Un régime de connaissance se définit comme l'ensemble des règles, des dispositifs et des acquis disponibles (ressources cognitives, compétences...), qui déterminent la façon dont les connaissances sont produites. Il se déploie sur l'héritage de dispositifs cognitifs (représentation du monde, habitudes de pensées, croyances...) et matériels (outils déjà existants, contraintes techniques...). Or les enjeux écologiques nous invitent à transformer nos pratiques et notre rapport au vivant. Le défi est donc de révolutionner nos régimes de connaissances actuels. Pourtant, les initiatives de production participative de savoir sont généralement insérées dans les régimes dominants actuels³ et donc sont susceptibles de majoritairement produire des connaissances compatibles avec ces derniers. Ainsi, si ces projets semblent partir d'une bonne volonté, ils risquent en définitive de modifier à la marge les modèles déjà existants et de ne pas apporter les savoirs nécessaires à une profonde transformation des pratiques agricoles. Il est donc indispensable de conserver un regard critique sur ces démarches, leur caractère participatif ne garantissant pas un changement profond des pratiques. Par ailleurs, plusieurs modèles agronomiques s'opposent pour assurer une amélioration environnementale des techniques, sans qu'un consensus se dégage. La production des savoirs doit donc aussi être remise en contexte face à des modèles alternatifs différents.

La transformation des pratiques entre plusieurs modèles agronomiques

L'agriculture intensive repose sur l'agronomie moderne, une science issue du modèle de la chimie et qui s'est développée en ignorant la variabilité du vivant. Celle-ci fut longtemps vue comme une contrainte dont il fallait s'extraire (COHEN 2017). Transformer les pratiques agricoles demande de considérer le travail avec le vivant dans toute sa complexité. Mais les alternatives et évolutions de notre modèle d'agriculture intensive sont nombreuses et ne proposent pas toutes les mêmes trajectoires, ni les mêmes degrés de transformation. A grands traits, nous pouvons distinguer d'une part, une voie d'"intensification écologique" visant à améliorer le fonctionnement des processus écologiques et un retour de la diversité spécifique et génétique. Et d'autre part, une voie de "progrès technologique", caractérisée par l'agriculture de précision pour optimiser l'application des intrants, une forte sélection génétique (homogénéisation variétale, OGM...) et une diminution du travail humain. Cette division traduit aussi des conceptions sociales différentes. L'intensification écologique s'est généra-

3. Au même titre que les projets de recherche non participatifs d'ailleurs.

lement développée au sein des alternatives contestant la modernisation agricole et proposant des modèles d'exploitations de petite taille, basées sur un travail humain plus important et ancrées dans des systèmes alimentaires de proximité, à l'échelle des territoires. Inversement, l'investissement technologique s'intègre plus facilement dans les modèles d'exploitation issus des réponses et adaptations de l'agriculture intensive et du modèle industriel aux injonctions environnementales. Celui-ci est plus efficace sur des exploitations de grande taille où l'efficacité technologique permet la réduction des coûts et l'intégration aux marchés mondiaux. Ces deux axes sont évidemment en interaction, s'influçant conjointement, la réalité des évolutions agricoles étant ainsi dans un continuum entre ces deux rapides descriptions. Par exemple, l'intensification écologique est reprise par des filières et coopératives sous le nom "d'agriculture écologiquement intensive" (BIANCO 2018; BIANCO et al. 2019). Inversement, il est tout à fait normal d'observer sur des exploitations agricoles l'utilisation de nouvelles technologies (robot de traite par exemple) avec la mise en place de techniques agronomiques basées sur le fonctionnement écologique des parcelles.

Par ailleurs, l'écologie scientifique cherche sa place dans ces modèles et plus généralement au sein des régimes de connaissance industriels. Elle occupe ainsi une place centrale dans le développement de l'agroécologie pour proposer des solutions alternatives aux pratiques actuelles (BAROT et al. 2021; LAVIGNE et al. 2021). Pourtant, les alternatives identifiées n'exigent pas toutes le même niveau de changement et ne s'intègrent pas de manière homogène aux modèles agronomiques décrits précédemment. Certaines solutions paraissent compatibles avec tous les modes de production (par exemple l'exigence de fermer les cycles de nutriments et de carbone), même si leur mise en œuvre n'est pas toujours aisée. Inversement, réintroduire de la diversité (sauvage et cultivée) dans les cultures semble plus conciliable pour les exploitations de petites tailles et dans des systèmes alimentaires de proximité plutôt que dans des modes de production industriels qui fonctionnent sur des procédures de production et de vente standardisées. Les connaissances de l'écologie seront produites et mobilisées différemment selon les régimes de connaissance considérés. Il est donc primordial pour l'écologie de mieux comprendre comment ses savoirs s'inscrivent dans ces régimes.

Enfin, ces différences permettent de mieux comprendre la dualité de l'action publique, entre d'une part une volonté agroécologique mettant en son centre le savoir écologique des agriculteur-rices⁴, et d'autre part la promotion des innovations technologiques pour l'agriculture à travers la "French AgriTech"⁵. Cela illustre bien l'hétérogénéité du monde agricole et l'absence de consensus sur les évolutions à mener pour écologiser les pratiques agricoles. La production participative des connaissances ne peut être extraite de ce contexte. Les agriculteur-rices développent des pratiques pour répondre aux enjeux environnementaux en fonction de leur contexte technique

4. <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-daction-global-pour-lagro-ecologie>

5. <https://agriculture.gouv.fr/julien-denormandie-et-cedric-o-lançant-la-french-agritech>

et institutionnel. Il est donc nécessaire d'aller sur le terrain pour comprendre les apports de ces initiatives participatives, afin de donner corps à cette production des connaissances et de questionner ces espoirs de changement entraînés par de nouveaux savoirs.

Étudier les apports de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité

Les travaux présentés dans cette thèse portent sur une initiative gouvernementale qui s'inscrit dans la lignée des grands projets de production des connaissances sur les liens entre biodiversité et pratiques. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) est issu du plan d'action "agriculture et biodiversité" de 2004 du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Une des actions phares du plan d'action était de mettre en place un outil de suivi de l'état de la diversité du vivant en milieu rural et de son évolution, en lien avec l'évolution des pratiques agricoles. Après une étude préliminaire menée par le Muséum national d'Histoire naturelle (PREUD'HOMME 2009), et une phase test en 2010, l'OAB est officiellement lancé en 2011. L'étude préliminaire ayant proposé un format participatif de l'observatoire, l'OAB affiche alors deux objectifs. Le premier correspond à l'action initialement prévue du plan de 2004, c'est-à-dire de faire un suivi national de la biodiversité agricole pour évaluer ses changements dans le temps en fonction des pratiques agricoles. Le deuxième objectif, dérivé du caractère participatif, vise à "*sensibiliser vers de nouveaux modèles agricoles en s'appuyant sur l'observation et l'expérience concrète des agriculteurs*" (HAMPARTZOUMIAN et al. 2013). Après plusieurs années d'existence de l'OAB, nos travaux interviennent pour mieux comprendre les apports scientifiques et sociaux du programme et comment celui-ci s'intègre aux enjeux d'écologisation des pratiques agricoles.

Ces travaux sont organisés en trois parties. Dans un premier temps nous présentons des éléments de contexte mais également théoriques et épistémologiques, afin de mieux définir notre cadre d'analyse et notre problématique. Nous nous équiperons ainsi d'un vocabulaire et de fondements utiles à la compréhension du reste des travaux (chapitre 1, chapitre 2 et chapitre 3). Deux études sur les liens entre pratiques agricoles et biodiversité font ensuite chacune l'objet d'un chapitre. Elles n'ont pas les mêmes questionnements mais s'appuient toutes les deux sur la base de données de l'OAB. Elles introduisent une dimension temporelle à la compréhension des liens entre pratiques et biodiversité agricoles (chapitre 4 et chapitre 5). Puis, la troisième partie interroge les effets sociaux de l'OAB à partir d'une enquête de terrain auprès des acteurs de l'OAB. D'une part, en observant l'appropriation du programme par les différents participants, ce qui nous permet de soulever les succès du programme, mais aussi les limites et paradoxes inhérents à ces appropriations (chapitre 6). D'autre part, nous identifions deux types de relations différentes à la biodiversité chez les agriculteur·rices interrogé·e·s et participant·e·s à l'OAB (chapitre 7). Ces chapitres sont l'occasion d'une fertilisation croisée entre l'écologie scientifique et les sciences de gestion et intègrent chacun des discussions spécifiques aux résultats présentés. Enfin,

nous terminons par un chapitre de discussion plus générale afin de prendre un peu de recul sur nos travaux. Nous y proposons quelques éléments de réflexion sur la place de la démarche participative dans nos sociétés industrielles, sur la posture du chercheur dans ces programmes et sur le rôle que l'OAB est susceptible de remplir pour l'écologisation des pratiques agricoles (chapitre 8).

Plus précisément, dans le **chapitre 1** nous présentons le contexte général sur l'agriculture intensive et ses remises en question sociale et écologique. Nous détaillons le constat actuel sur la crise de la biodiversité et ses liens avec l'agriculture intensive, avant de décrire plus concrètement ce modèle agricole. Nous expliquons ainsi ses caractéristiques techniques et son rapport particulier au vivant, qui vise à effacer toute trace de variabilité. Puis, nous précisons également le régime socio-économique ayant vu son développement, en particulier le rôle du management public et des structures de conseil agricole. Cela nous permet de terminer sur l'enjeu des modes de production des connaissances, au cœur des questions sur le renouvellement de l'agriculture intensive ainsi que sur le développement d'alternatives. Ce chapitre dresse ainsi le tableau dans lequel l'OAB cherche à s'insérer en tant que nouvelle forme d'action publique. Le programme n'est pas isolé, il vise à influencer un contexte socio-technique et est également affecté en retour par ce dernier. Questionner les apports de l'OAB nécessite de prendre conscience de ce contexte global.

Dans le **chapitre 2**, nous rappelons ce que sont les sciences participatives avant de décrire plus précisément le fonctionnement de l'OAB, ses protocoles d'observations et son organisation. Nous présentons alors les problématiques de recherche et l'intérêt de faire dialoguer l'écologie scientifique et les sciences de gestion pour y répondre. Si l'écologie est conceptuellement équipée pour analyser les relations entre la biodiversité et les pratiques agricoles, elle reste désarmée face aux questions de changements de pratiques dans les organisations agricoles. C'est précisément le cœur des sciences de gestion, qui sont outillées pour mieux comprendre les actions collectives et leurs rationalisations sous-jacentes. Nous terminons le chapitre en expliquant les différents cadres théoriques qui serviront à l'analyse de l'OAB en tant qu'outil de gestion (MOISDON 1997). Ces fondements ont été choisis pour étudier différentes dimensions de l'outil : ses conventions, son appropriation et ses interactions avec l'utilisateur.

Dans le **chapitre 3**, j'explique⁶ ma posture de recherche, proche de la recherche-intervention. Puis, je précise également le cadre épistémologique de ces travaux. Ce cadre fournit au chercheur les hypothèses fondatrices et les principes d'élaboration et de justification des connaissances. Mon positionnement est ici fondamentalement pragmatique, je ne me prononce pas sur l'existence ou non d'une réalité objective. La nature de la connaissance n'est alors pas d'explicitier un éventuel réel, mais de rendre compte de manière rigoureuse de l'expérience vécue, afin d'aider la réflexion

6. Ce chapitre sera écrit à la première personne. Il reflète mon cheminement personnel ainsi que mon positionnement de chercheur face à la nature des savoirs produits.

et l'action dans un monde incertain. La fin du chapitre s'applique ensuite à présenter l'enquête sociologique, les entretiens menés et la méthodologie d'analyse du matériau qualitatif récolté.

Dans le **chapitre 4**, l'étude des données de l'OAB à l'échelle nationale met en évidence plusieurs corrélations, dans les différents types de culture, entre les pratiques agricoles (intrants chimiques, fertilisation organique, travail du sol...), le paysage (présence de forêt) et les tendances temporelles en abondance de la biodiversité observée dans l'OAB. Nous avons ainsi détecté des tendances généralement négatives des taxons volants (papillons et abeilles solitaires), accentuées dans les parcelles les plus utilisatrices d'intrants chimiques (fertilisation minérale et pesticides). Cependant, les tendances sont légèrement à la hausse dans les parcelles les moins utilisatrices d'intrants chimiques, laissant supposer qu'un changement de pratique permettrait un regain pour la biodiversité. Concernant les taxons au sol les résultats sont plus variables. Le travail du sol a un effet négatif sur les vers de terre en grandes cultures. Ces derniers sont également en déclin dans les prairies, bien que nous n'ayons pas identifié de relation avec une variable en particulier. Enfin, les tendances des mollusques et carabes varient selon les types de cultures mais restent fortement corrélées avec l'utilisation de fertilisation organique. Le type de prairie présente aussi une corrélation importante (avec une relation positive des prairies permanentes par rapport aux temporaires) tandis que l'utilisation d'intrants chimiques est reliée de manière variable selon les types de cultures.

Dans le **chapitre 5**, le croisement des données d'observation des abeilles solitaires avec des informations paysagères sur les cultures réalisées (registre parcellaire graphique) a permis de tester la relation entre la présence de cultures à floraison massive (colza et tournesol) et l'abondance d'abeilles solitaires. En particulier, nous avons détecté une corrélation positive entre la présence de colza dans le paysage autour des nichoirs et l'abondance d'abeilles l'année suivante, suggérant un effet positif des cultures de colza sur la reproduction des abeilles. Une relation positive a aussi été trouvée avec les prairies permanentes. La corrélation avec la surface de tournesol est plus contrastée, en fonction des types d'opercules considérés dans les nichoirs à abeilles. La surface est ainsi corrélée positivement l'année de culture avec l'abondance totale des opercules, mais est liée négativement avec l'abondance d'opercules en terre l'année suivante. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les opercules en terre seraient majoritairement réalisés par des Osmies, abeilles précoces dans la saison. Le tournesol étant une culture d'été, il y a généralement peu de ressources florales au printemps durant son année de culture, ce qui limiterait alors la reproduction des Osmies. Ces résultats montrent d'une part la nécessité d'apporter une dimension temporelle pour mieux comprendre les effets des cultures à floraison massive. D'autre part ils laissent paraître que ces effets sont contrastés selon les espèces et donc l'importance pour de futures études de distinguer plus finement les groupes taxonomiques.

Dans le **chapitre 6**, nous analysons comment l'OAB est approprié par ses différents

participants en fonction de leur contexte. Ces appropriations sont le signe d'un relatif succès du programme qui ne laisse pas indifférent ses participants, entraînant apprentissages et questionnements. Nous avons cependant détecté plusieurs situations de paradoxes (SMITH et LEWIS 2011), révélant certaines limites à prendre en compte et à gérer. Ainsi, de nombreux participants espèrent tirer un savoir normatif de leurs observations, afin de déterminer de façon formelle à l'échelle d'une exploitation ou d'un réseau quelles sont les pratiques favorables à la biodiversité. Or ces volontés se confrontent généralement à l'imprécision des données et des échantillonnages. De plus, les études à l'échelle nationale ne répondent pas non plus à ce besoin. Elles travaillent sur des indicateurs synthétiques pour obtenir une puissance statistique suffisante et s'éloignent de cette façon d'une application opérationnelle directe. Nous identifions alors un paradoxe de performance, certains participants développant une volonté de production de savoir normatif alors que le programme n'a pas été pensé pour cela à l'échelle locale. Nous repérons également d'autres usages de l'OAB. D'une part nous mettons en évidence un usage plus informel des observations. Celles-ci sont interprétées très localement par les agriculteur·rices et animateur·rices qui ne cherchent pas en tirer des généralités. Il s'agit surtout d'apporter un élément de réflexion pour mieux comprendre la parcelle étudiée et connaître son exploitation. Le savoir développé est alors directement lié à l'expérience et à l'activité. Pour les animateur·rices c'est également un excellent outil d'animation permettant d'amener des échanges et des discussions sur les enjeux environnementaux et sur la biodiversité. D'autre part, l'OAB a aussi un usage sociopolitique. La participation au programme est mobilisée par plusieurs acteurs dans leurs relations professionnelles, pour répondre à certaines exigences environnementales, comme gain de légitimité ou pour créer de nouvelles relations avec le secteur naturaliste. Ces résultats nous amènent à discuter du caractère polymorphe de l'OAB qui est utilisé par un nombre divers d'acteurs et dans plusieurs contextes. Le programme repose en particulier sur la flexibilité interprétative de l'observation naturaliste. Donnée neutre pour les chercheurs, expérience directe pour l'observateur, support de discussion pour l'animateur·rice, l'observation naturaliste joue un rôle d'objet-frontière (STAR et GRIESEMER 1989) permettant les échanges entre ces différentes parties prenantes. Il nous semble que l'aspect flexible de l'OAB peut servir d'inspiration pour d'autres instruments d'action publique.

Dans le **chapitre 7**, l'étude des relations des agriculteur·rices à la biodiversité nous amène à caractériser deux types de relations. D'une part, nous reconnaissons un lien "patrimonial" à la biodiversité. Il s'agit de bien faire son travail en impactant le moins possible la biodiversité, qui est un élément à protéger. Les agriculteur·rices font preuve d'une profonde motivation pour prendre en compte la biodiversité dans leurs choix de pratiques, mais cette dernière reste généralement assez extérieure au fonctionnement agronomique de leur exploitation (à l'exception quelques fois de certains groupes très bien identifiés dans la culture générale, tels que les vers de terre). D'autre part, certains agriculteur·rices perçoivent la biodiversité comme une réelle alliée, mystérieuse et qu'il leur faut mieux comprendre, mais à laquelle ils font confiance. La réflexion dans les choix de pratiques est alors différente, il s'agit de ne plus prendre le risque de

détruire son alliée, quitte à perdre un peu de rendement. Les prises de décision ne sont pas totalement "objectivables" et reposent aussi sur le ressenti et la confiance envers la biodiversité. L'expérience et le savoir naturaliste sont alors primordiaux pour mieux connaître la biodiversité et construire cette attitude envers elle. Cette différence de relation nous paraît intéressante dans une perspective de "désadoption" de certaines pratiques et artefacts de l'agriculture intensive : la biodiversité remplace cognitivement certains intrants dans les choix agronomiques.

Dans le **chapitre 8**, nous menons une discussion plus générale sur la place des démarches participatives dans les modes de production de savoirs industriels. Partant des travaux en stratégie des innovations (GEELS et SCHOT 2007), nous montrons qu'en raison des différents savoirs qu'il produit, l'OAB se situe dans une position intermédiaire ambiguë. Sa démarche participative et les opportunités d'appropriation qu'il autorise favorisent le développement de savoirs expérientiels (KUSTOSZ 2021), directement produits dans et pour l'action. Ces espaces de promotion des savoirs expérientiels des agriculteur·rices sont relativement novateurs dans un régime sociotechnique agronomique qui s'est développé sur une production descendante des connaissances. Or toute innovation entre en interaction avec son régime dominant et est susceptible d'être modifiée par ce dernier. C'est ce que nous pouvons suspecter dans certains usages de l'OAB, détachés de l'activité des agriculteur·rices. Ainsi, nous pensons que certaines initiatives visant à construire des indicateurs environnementaux pour les filières et coopératives ou que les bilans produits par la recherche à l'échelle nationale correspondent à des savoirs diagnostics, extraits de leur milieu et de l'action et compatibles avec les organisations industrielles. Ces savoirs ne sont pas inutiles, ils participent à la construction d'un paysage institutionnel et de cadres cognitifs différents. Néanmoins, nous estimons au final que l'OAB présente l'opportunité de pouvoir favoriser les savoirs expérientiels et les capacités d'action des agriculteur·rices. Il est alors important de rester vigilant pour développer et accentuer cet aspect du programme. Assumant ce positionnement, nous mobilisons ensuite la pensée d'Isabelle Stengers (STENGERS 2013) et notre expérience de recherche-intervention pour réfléchir sur la place des scientifiques et des savoirs qu'ils produisent, en particulier au sein des démarches participatives. Enfin, nous terminons ce chapitre sur l'intérêt d'un instrument tel que l'OAB pour la transformation écologique des pratiques agricoles. L'intégration des relations au vivant est une préoccupation nouvelle pour le management public. Or l'étude de l'OAB nous révèle les difficultés opérationnelles d'une action publique sous forme de grand bilan censé instruire les actes de gestion. A l'inverse, son caractère participatif est inspirant pour réfléchir à d'autres manières de conduire le changement, par exemple en développant une évaluation "située", instruisant les actions en cours et en construction. Nous estimons que cette posture est plus adaptée aux défis posés par la variabilité du vivant et l'incertitude de la transition écologique.

En **conclusion**, nous revenons sur la fertilisation croisée entre écologie scientifique et les sciences de gestion. Pour cela nous résumons les apports de ces travaux pour

ces deux disciplines mais aussi ce que chacune a pu apporter à l'autre. Puis, nous terminons sur les apports concernant l'OAB. Nous proposons quelques éléments d'évolutions vers un fonctionnement totalement axé sur le développement et la favorisation d'un savoir local, basé sur l'expérience et l'exploration des pratiques. L'objectif de cet exercice n'est pas de déterminer une forme que devrait prendre l'OAB mais plutôt de lui d'offrir de nouvelles perspectives.



Abeilles solitaires dans un nichoir

Première partie

Contexte, objet d'étude et méthodologie

Dans cette partie, nous commencerons par donner le contexte de ces travaux de thèse, qui s'inscrivent dans les défis environnementaux auxquels doit faire face notre agriculture. Nous décrirons le modèle de l'agriculture intensive, autant techniquement que socialement. Ce premier chapitre permettra aussi d'évoquer les enjeux de production des connaissances dans l'agriculture.

Puis, nous présenterons dans le deuxième chapitre notre objet d'étude, l'Observatoire Agricole de la Biodiversité. Nous expliquerons son fonctionnement et ses objectifs ainsi que nos questions de recherche. Nous terminerons le chapitre en justifiant l'utilisation de deux disciplines, l'écologie et les sciences de gestion, avant de présenter les cadres d'analyses que nous mobiliserons lors de l'étude.

Enfin, un dernier chapitre nous permettra d'expliquer notre positionnement épistémologique, ainsi que la méthodologie employée lors de notre enquête sociale.

1 Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

Suite à la présentation des orientations et organisations générales de la thèse, ce premier chapitre vise plus spécifiquement à inscrire les travaux dans le contexte actuel de la production agricole et de ses défis environnementaux contemporains. Nous évoquerons en particulier l'enjeu d'intégrer la biodiversité dans les pratiques, grande oubliée de l'agronomie moderne. Dépeindre ce contexte nous demandera de revenir sur la crise de la biodiversité en cours, sur nos manières de la mesurer et sur le rôle admis de l'agriculture intensive. Puis, nous caractériserons plus finement ce modèle de production agricole, ses piliers techniques, son fonctionnement socio-économique ainsi que les protagonistes principaux, publics et privés, du développement agricole. Enfin, nous verrons que ces propos se combinent avec ceux du chapitre 2 à travers une thématique centrale de ces travaux, celle de la production de connaissance agronomique et naturaliste et de sa mobilisation dans le secteur agricole. L'agronomie moderne s'est développée en écartant les savoirs sur la biodiversité et en développant des techniques qui font de même. Et cela conjointement avec un mode de production des connaissances essentiellement verticale, depuis les instituts techniques vers les agriculteur·rices. L'enjeu présent est donc de ramener les connaissances de la biodiversité dans nos pratiques agronomiques, ce qui questionne aussi nos modes de production des connaissances.

1.1 La crise de la biodiversité et le rôle de l'agriculture

1.1.1 Nommer et surveiller la crise de la biodiversité

Depuis l'ère industrielle notre période se caractérise par des mutations profondes et rapides du mode de vie d'une grande partie de l'humanité, sur des plans à la fois sociaux, politiques et écologiques. Ces transformations se fondent sur une urbanisation grandissante, un commerce mondialisé et une consommation énergétique attisée par une plus grande mobilité et un usage plus intense des technologies. Ce développement entraîne des changements environnementaux globaux, attestés par les rapports réguliers d'instances scientifiques internationales, telles que le Groupe d'Experts In-

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

tergouvernementale sur le climat (GIEC) concernant le changement climatique ou la plateforme Intergouvernementale Scientifique et Politique sur la Biodiversité et les Services Écosystémiques (IPBES).

Ces synthèses pointent l'accélération et l'aggravation des changements globaux tandis que de nombreux symptômes de notre emprise environnementale (consommation d'énergie, d'intrants chimiques, etc.) augmentent exponentiellement (STEFFEN et al. 2015). Pourtant depuis les années 70, plusieurs études médiatisées, telles que le rapport Meadows exposant les limites écologiques planétaires (MEADOWS et al. 1972), permirent une plus forte prise de conscience environnementale. Dans le cas de la biodiversité, plusieurs écologues alertèrent également sur les destructions dues aux activités humaines. Rachel CARSON (1962) dénonça l'intoxication des animaux par les pesticides, en particulier le DDT; Raymond DASMANN (1968) mit en garde contre l'homogénéisation du vivant; David EHRENFELD (1972) introduisit la notion de "diversité biologique" exprimant de fortes préoccupations sur sa destruction. Puis, dans le même numéro de BioScience, alors que Edward O. Wilson lançait l'alerte sur une "*crise de la biodiversité*" (WILSON 1985), Michael Soulé écrivit l'article fondateur des *sciences de la conservation* (SOULÉ 1985). Les sciences de la conservation se présentent comme une "discipline de crise" à l'ambition double : non seulement connaître les causes de cette crise mais aussi s'engager et agir avant qu'il ne soit trop tard. Ces deux manifestes préparèrent la reconnaissance politique de la biodiversité à la Convention des Nations Unies de 1992, qui définit cette dernière comme la "*variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes*" (UNITED-NATIONS 1992).

Les tentatives de quantification de la biodiversité accompagnant la mise en avant de son déclin se firent conjointement avec le développement de nouveaux savoirs (DEVICTOR 2015). Si les premières estimations se basèrent sur des indices d'abondance et de diversité d'espèces à différentes échelles (PEET 1974), celles-ci s'enrichirent par la suite d'une dimension évolutive (diversité phylogénétique des espèces, FAITH 1992) et fonctionnelle (diversité des fonctions remplies par les espèces dans l'écosystème, PETCHEY et GASTON 2002). Notre compréhension progressive de la biodiversité est révélatrice de toute sa complexité, ajoutant progressivement aux réflexions sur la diversité du vivant les réseaux d'interactions entre espèces mais aussi un cadre dynamique, tant spatialement que temporellement. Enfin, l'écologie scientifique n'a eu de cesse de rappeler les différents niveaux d'organisations du vivant, "des gènes aux écosystèmes", et les interactions, liens et sauts entre eux (figure 1.1). Ces différents niveaux d'organisation et leur dynamique sont autant de variables essentielles de la biodiversité à suivre et à protéger (PEREIRA et al. 2013), et un véritable défi pour l'écologie scientifique. Cet enchevêtrement fait ressentir que toute approche métrique, en même temps qu'elle met l'accent sur un aspect de la biodiversité pour mieux la connaître, opère inévitablement une "bio-simplicité" de la biodiversité (DEVICTOR

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

2015), la réduisant à certaines facettes. Simplification qu'il est important de garder en tête lors des interprétations.

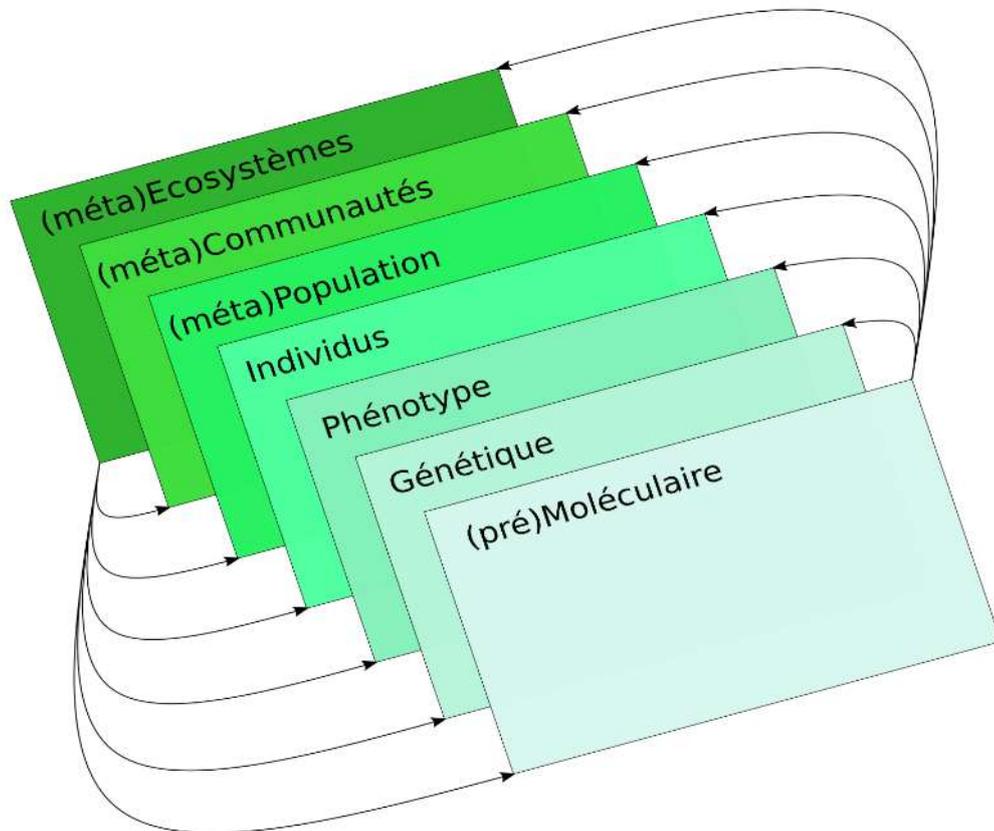


FIGURE 1.1. – Les différentes composantes de la biodiversité. Chaque niveau est en interaction avec les autres tout en conservant une autonomie relative. Inspiré de DEVICTOR (2015).

Avec toute la prudence nécessaire pour une quantification pertinente, l'accumulation d'indicateurs et d'études suggèrent un déclin des diversités taxonomique, phylogénétique et fonctionnelle à différents niveaux d'analyse (POLLOCK, THUILLER et JETZ 2017). Certains auteurs parlent même de "défaunation", estimant une perte moyenne de 25% de l'abondance des vertébrés terrestres suivis (DIRZO et al. 2014). A noter cependant que cette dernière étude traite de diminution en abondance (le nombre d'individus d'une espèce) et non directement de perte de diversité. Toutefois, il y a un lien, une baisse d'abondance pouvant par exemple faire craindre la disparition d'une espèce ou la disparition d'une interaction entre des espèces, réduisant ainsi la diversité. De nombreuses études que nous citerons¹ se fondent sur des analyses de l'abondance, celle-ci étant un indice relativement facile à mesurer. Par exemple,

1. Ainsi que celles que nous produirons (partie II)

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

le WWF proposa récemment l'indice planète vivante (IPV) pour suivre les variations temporelles de l'abondance moyenne d'un peu plus de 16700 populations de mammifères, oiseaux, poissons, reptiles et amphibiens sauvages (données issues de la base Planète Vivante). En 2020, le rapport WWF conclut sur une chute moyenne de 68% des populations entre 1970 et 2016 (WWF 2020).

Sur ce constat, la biodiversité des milieux agricoles ne semble pas épargnée, bien au contraire. En France, les indicateurs d'abondance construits à partir du Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) mesurent l'abondance des oiseaux selon leur habitat. Les tendances décrites depuis l'origine du programme en 1989 indiquent une diminution générale de 23% des oiseaux communs, avec un déclin plus important de 29,5% pour les espèces spécialistes des milieux agricoles (figure 1.2), et qui se renforce depuis 2009. Ce constat inquiétant sur les abondances d'oiseaux est retrouvé également aux États-Unis (STANTON, MORRISSEY et CLARK 2018) et ailleurs en Europe (BOWLER et al. 2019; DONALD, GREEN et HEATH 2001; INGER et al. 2015). Les déclins sont généralement reliés à la perte d'habitats ou l'utilisation de pesticides tels que les néonicotinoïdes (HALLMANN, FOPPEN et al. 2014), susceptibles d'agir directement comme poison ou indirectement en réduisant les abondances d'insectes (MØLLER 2019). Néanmoins, si plusieurs études ont montré que la richesse spécifique (nombre d'espèces) des oiseaux augmente avec la diversité des habitats et la diminution des cultures (HERZON et al. 2008; WRETENBERG, PÄRT et BERG 2010), la spécialisation des communautés varie de manière plus contrastée. La fragmentation des habitats peut amener à une homogénéisation des communautés en faveur des espèces généralistes (DEVICTOR et al. 2008), en cohérence avec l'idée que la spécialisation nécessite des écosystèmes stables. Cependant, BONTHOUX et al. (2013) ont montré que les indices de spécialisation des communautés dépendent de l'échelle spatiale d'étude : i) calculé localement, l'indice de spécialisation diminue avec la surface de cultures, montrant un basculement pour les espèces généralistes face à la pression agricole; ii) calculée à l'échelle du paysage, la tendance est inversée, la communauté paraît plus diversifiée dans les paysages agricoles homogènes. Ce dernier résultat pourrait être expliqué par la capacité de certaines espèces (Sittelle torchepot, Grimpereau des jardins...) nécessitant des éléments boisés de se satisfaire de petites zones isolées, tandis que d'autres espèces (Alouette des champs, Tarier pâtre...) ont besoin de larges espaces ouverts. Le rôle du paysage doit donc être considéré avec précaution.

Les insectes et autres invertébrés présentent également des tendances inquiétantes, bien que les études à l'échelle mondiale soient encore source de controverses. Ainsi, l'étude fortement médiatisée de SÁNCHEZ-BAYO et WYCKHUYS (2019) mettant en garde face à un risque d'extinction de 40% des insectes à l'échelle mondiale a été remise en question sur ses approximations méthodologiques (WAGNER 2019) et ses conclusions amplifiées (MUPEPELE et al. 2019), voire inutilement dramatiques (SAUNDERS, JANES et O'HANLON 2020). De même, une autre étude mondiale récente de KLINK et al. (2020), identifiant une diminution moins importante des insectes terrestres et une augmentation des espèces aquatiques, fut également récemment controversée pour

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

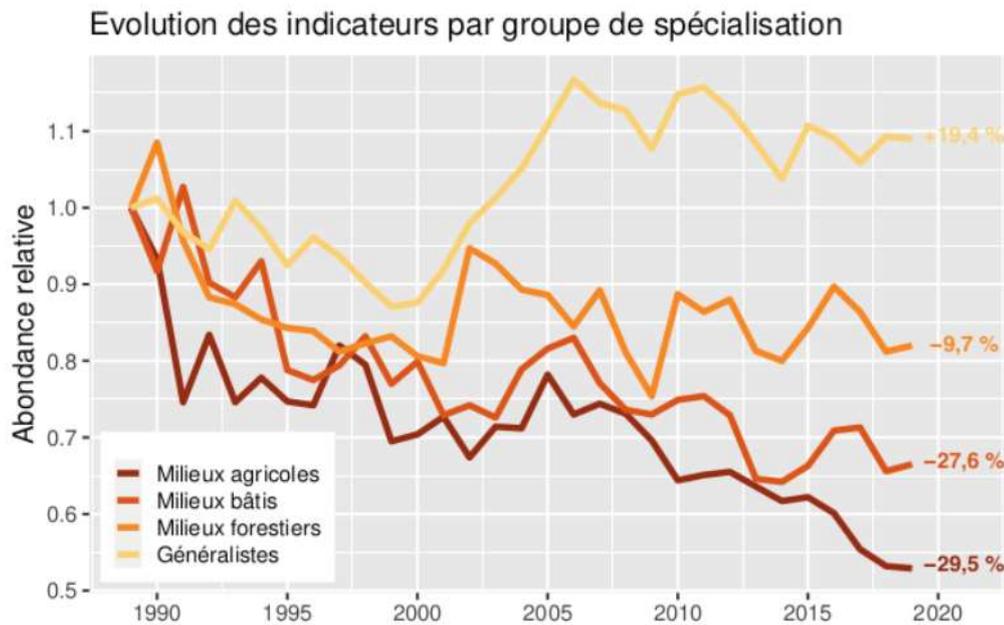


FIGURE 1.2. – Évolution de l'abondance des populations d'oiseaux communs spécialistes en métropole. 75 espèces sont utilisées pour construire les indicateurs en fonction de leur milieu de spécialisation (FONTAINE et al. 2020).

ses approximations méthodologiques (DESQUILBET, GAUME et al. 2020). En Europe, plusieurs études nationales mettent néanmoins en avant une diminution significative de différents groupes d'insectes, par exemple au Royaume-Uni (BROOKS et al. 2012; CONRAD et al. 2006) en Allemagne (HALLMANN, SORG et al. 2017; SEIBOLD et al. 2019) ou aux Pays-Bas (DOOREN 2019; HALLMANN, ZEEGERS et al. 2019). Si les intrants chimiques, la destruction des habitats ou encore le changement climatique sont envisagés pour expliquer ces déclin, l'identification claire de leurs effets respectifs reste un défi important.

L'étude des tendances de long terme des insectes reste délicate car soumise à de nombreux biais et incertitudes. DIDHAM et al. (2020) identifient sept problèmes clés pouvant biaiser l'inférence de tendances temporelles des communautés d'insectes. Ces biais ne sont pas spécifiques aux insectes, mais un plus faible échantillonnage couplé au grand nombre d'espèces et à la difficulté d'observation les rendent encore plus importants dans le cas des insectes et des débats sur leur déclin. Premièrement, toute étude de long-terme part d'une *base de référence* historique qui correspond aux premières observations. Une tendance temporelle n'existe donc pas seule et doit être reliée à sa référence. Il est ainsi intéressant de tester la robustesse statistique d'une tendance en changeant sa base de référence. De plus, les études essaient d'obtenir des bases de référence les plus anciennes possibles, mobilisant souvent les quelques données historiques disponibles. Or, ces données historiques viennent

1. *Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique*

souvent d'échantillonnage particulier, sur des sites sélectionnés pour leur richesse, provoquant un phénomène de fausse base de référence et biaisant l'évaluation de la tendance. Deuxièmement, le corollaire de cette sélection de sites est l'absence de zéro, et donc de possibilité de voir des augmentations dans des sites autrefois non occupés, d'où l'importance des suivis reposant sur des échantillonnages aléatoires, sans sélection particulière des sites. Les auteurs mettent également en garde contre les études temporelles reposant sur des comparaisons de paires de points sur un intervalle régulier, deux points temporels restant assez faibles statistiquement. Ces difficultés issues de l'agrégation de données d'origine différente et parfois sur un faible intervalle temporel sont au cœur des critiques de récentes méta-analyses (DESQUILBET, GAUME et al. 2020; DESQUILBET, CORNILLON et al. 2021). Un quatrième biais provient de la détection des espèces, plus difficile pour les insectes. Cela pose des soucis si ce biais n'est pas réparti aléatoirement dans l'espace et dans le temps, provoquant des problèmes d'autocorrélation. A titre d'illustration, une autocorrélation spatiale pourrait être provoquée à cause des effets de dilutions dues à de nouveaux aménagements attirants les insectes (lumières, etc). De même, l'augmentation de l'aérodynamisme des voitures au fil des années pourrait créer une autocorrélation temporelle dans l'étude des collisions voitures-insectes. Ensuite, un cinquième problème concerne les protocoles de détection, capturant généralement des insectes en déplacement (puits de piégeage, tente Malaise...), et donc reposant sur l'hypothèse que la dispersion des insectes est indépendante de leur densité. Cependant, on peut supposer que cette dispersion risque généralement d'être plus importante à de fortes densités, entraînant une sur-estimation lors des pics de population et une sous-estimation lors de densités plus faibles. Un autre biais potentiel peut provenir de la sensibilité phénologique des insectes (dépendance de l'agencement temporel des développements et comportements aux conditions saisonnières), un décalage phénologique d'une année sur l'autre pouvant biaiser les observations. Enfin, la dernière complication vient de l'extrapolation souvent tentée d'une tendance locale à un résultat global. C'est par exemple ce qui a été reproché à la méta-analyse de SÁNCHEZ-BAYO et WYCKHUYS (2019) annonçant un risque d'extinction de 40% des insectes. L'ensemble de ces difficultés appelle à être prudent sur l'interprétation des tendances temporelles des insectes et à savoir reconnaître les biais potentiels pouvant affecter les bases de données et les études affiliées.

Malgré ces réserves, les connaissances développées en écologie scientifique font craindre un déclin de nombreuses espèces agricoles et soulèvent des inquiétudes dans la communauté internationale sur le rôle de l'agriculture intensive, reconnue comme un facteur majeur du déclin de la biodiversité qui entraîne des changements d'usages des sols et une importante pollution.

1.1.2 **L'agriculture intensive questionnée**

Le récent rapport de l'IPBES reconnaît cinq facteurs directs de changement ayant eu des conséquences lourdes sur la nature à l'échelle mondiale : les modifications de

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

l'utilisation des terres et des mers, l'exploitation directe des organismes, la pollution, les espèces exotiques envahissantes et les changements climatiques. Ces facteurs dépendent de causes sociales indirectes reposant sur nos valeurs et nos comportements, et incluant les tendances démographiques, nos modes de production et de consommation sous-jacents à nos systèmes économiques et technologiques, la gouvernance du local au mondial et les conflits (figure 1.3). Dans cette évaluation, l'agriculture est considérée comme un facteur majeur du déclin de la biodiversité, en particulier comme un moteur important des changements d'usages des sols et de pollution (MERINO et al. 2019). L'agriculture représente en effet l'usage le plus important des sols avec 38% des terres émergées et une augmentation de 3% entre 1985 et 2015 (FOLEY et al. 2011), majoritairement en zone tropicale et aux dépens de la forêt primaire (GIBBS et al. 2010). Ces augmentations concernent à la fois des cultures de subsistance, principalement en Afrique, et des cultures de rentes pour le marché mondial en Amérique du Sud et en Asie (MERINO et al. 2019). Au-delà de son expansion, c'est également l'intensification de l'agriculture qui est questionnée. En 50 ans, la surface de terres irriguées a doublé et l'utilisation de fertilisation chimique a quintuplé (FOLEY et al. 2011), tandis que l'utilisation de pesticides a doublé en 30 ans (FAO 2021). Or, une étude récente de RASMUSSEN et al. (2018) a montré sur 60 fermes que cette intensification amenait rarement à des résultats socio-écologiques gagnants, augmentant généralement les services d'alimentation et d'approvisionnement aux dépens des services écosystémiques de régulation, qui sont le soutien d'un bon fonctionnement de l'écosystème et d'une productivité à long terme.

Plusieurs facteurs peuvent être identifiés pour expliquer comment l'agriculture intensive affecte négativement la biodiversité : les effets des pesticides, de la fertilisation, du travail du sol, l'homogénéisation génétique des espèces cultivées et enfin la simplification et l'homogénéisation des paysages (Encadré 1).

Encadré 1 : Les principales pratiques de l'agriculture intensive affectant la biodiversité

Plusieurs techniques et pratiques agricoles sont reconnues comme potentiellement néfastes pour la biodiversité.

Pesticides : Alors que leur utilisation ne diminue pas, voire augmente (HOSSARD et al. 2017), les pesticides ont des effets sur des espèces non ciblées. Ces effets ont été démontrés à la fois en laboratoire (DESNEUX, DECOURTYE et DELPUECH 2007; HENRY et al. 2012), mais aussi directement dans le champ (MULÉ et al. 2017). Malgré les discours et tentatives pour diminuer les doses, adapter les modalités d'applications et réduire la mobilité des produits lors des traitements, leur utilisation cause toujours des contaminations par volatilité ou infiltration dans le sol, l'air ou l'eau (MOTTES et al. 2014; PELOSI, C. BERTRAND et al. 2021). La mortalité est soit causée directement (effet toxique sur l'organisme, par

exemple sur des espèces similaires aux espèces cibles ou sur leurs prédateurs) soit par des effets sub-léthaux (sur des organismes ayant survécu à des expositions, par exemple en perturbant l'orientation et le vol des insectes). Ainsi, DESNEUX, DECOURTYE et DELPUECH (2007) ont rapporté dans leur revue des effets sur la physiologie des arthropodes (équilibre biochimique, développement de l'organisme, immunologie, fécondité, ratio des sexes), ainsi que sur leurs comportements (mobilité, orientation, capacité de nourrissage et d'apprentissage).

Fertilisation : Les problèmes de pollutions environnementales que peuvent poser les engrais azotés et phosphatés (eutrophisation des sols et des eaux) affectent la biodiversité en perturbant le fonctionnement chimique des écosystèmes et en favorisant certaines espèces eutrophiles. L'image que nous connaissons bien est celle des écosystèmes aquatiques envahis d'algues vertes, privant le reste du milieu de lumière et d'oxygène, mais les sols aussi peuvent être eutrophisés, perturbant alors la communauté botanique (ISBELL et al. 2013) ainsi que les micro-organismes (MULVANEY, KHAN et ELLSWORTH 2009). Par exemple, ISBELL et al. (2013) ont montré par des expérimentations de long-terme que l'enrichissement en azote de certaines prairies provoquait une perte de diversité végétale et au final une diminution de la productivité.

Travail du sol : Le travail du sol a un effet direct sur les espèces vivant sous terre, en les tuant ou en les exposant à la prédation (en les remontant à la surface par exemple). Par ailleurs, les perturbations biophysique et biochimique (quantité de matière organique et d'eau) du milieu affecte l'activité des micro-organismes du sol. A titre d'exemple, les mycorhizes développées en symbiose par la communauté de champignons avec les racines sont détruites, tandis que l'efficacité de la sporulation est réduite, un grand nombre de spores se retrouvant déshydratées à la surface du sol. La perturbation du réseau de mycorhizes rend alors la santé du sol plus fragile (ROGER-ESTRADE et al. 2010). Les organismes de plus grande taille sont également fortement touchés. Si le labour (assez profond) affecte fortement les vers de terre (CHAN 2001), il existe quand même des différences d'effets selon les systèmes de travail du sol et les espèces de vers de terre (PELOSI, M. BERTRAND et ROGER-ESTRADE 2009). Toutefois, les effets indirects sur le réseau trophique du sol sont complexes et de nombreuses études sont encore nécessaires. Pour remédier à ces effets négatifs pour la biodiversité, différentes techniques de travail du sol superficiel ou de semis direct sous couverts végétaux (caractérisant l'agriculture de conservation des sols) sont en développement, afin de limiter le labour. Ces solutions soulèvent cependant un autre dilemme, car elles peuvent nécessiter une utilisation plus importante d'herbicide pour l'élimination des adventices et des couverts végétaux, et donc apporter d'autres incertitudes (ALLETTO et al.

2010).

Homogénéisation génétique : Le développement de la génétique a permis une forte augmentation de la productivité agricole, par la sélection d'espèces adaptées aux nouvelles pratiques culturales et aux caractères productifs optimisés (par exemple, des variétés capables d'utiliser efficacement les fortes doses d'engrais). Cependant, cela s'est accompagné d'une forte homogénéité génétique des variétés cultivées. Au niveau inter-variétal, les mêmes gènes sont sélectionnés dans les différentes variétés (par exemple le gène de nanisme du blé). Au niveau intra-variétal, le contrôle génétique accru via des critères d'homologations a rendu les variétés très homogènes alors que celles-ci étaient autrefois des populations assez hétérogènes (BONNEUIL et F. THOMAS 2009). Le bénéfice des nouvelles variétés semble par ailleurs fortement dépendant des intrants chimiques accompagnant les pratiques. A Broadbalk, le suivi agronomique de long terme (depuis 1843) du rendement du blé d'hiver a montré qu'en l'absence de changements de pratiques (engrais, pesticides, etc.) l'introduction de nouvelles variétés ne modifiait pas le rendement (RESEARCH 2017). Par ailleurs, l'homogénéisation génétique des cultures est un risque pour la stabilité des rendements, via la gestion des ravageurs (TOOKER et FRANK 2012). Les plantes produisent généralement moins de défenses chimiques et cette production est peu susceptible d'être stimulée par des interactions entre plantes (par exemple via l'émission de composés organiques volatiles informant de la présence d'un herbivore). De plus, les différents prédateurs des ravageurs sont souvent présents en plus grand nombre dans des paysages diversifiés génétiquement (TOOKER et FRANK 2012). La biodiversité des arthropodes augmente avec la diversité des cultures et une architecture végétale plus complexe, celle-ci offrant plus de ressources alimentaires et de micro-habitats (CHATEIL et al. 2013). L'homogénéisation se joue aussi au niveau de la diversité des cultures, les monocultures et spécialisations régionales entraînant la simplification des paysages. Enfin, la perte de diversité génétique et la dépendance des variétés actuelles aux intrants chimiques fragilisent également le système alimentaire. Face à d'éventuels chocs systémiques (changement climatique, choc pétrolier, etc), cet appauvrissement génétique réduit nos capacités à chercher ou développer de nouvelles variétés adaptées.

Simplification et homogénéisation des paysages : Deux phénomènes de changement d'usage du sol caractérisent l'agriculture. Si la déforestation est aujourd'hui principalement cantonnée aux Pays du Sud et à la forêt tropicale, celle-ci est également alimentée par les pratiques en Europe. La demande en protéines de soja pour les élevages hors-sol entretient l'avantage économique poussant à la déforestation en Amérique du Sud. De manière générale, LENZEN et al. (2012) montrent que pour des pays comme la France, les effets indirects des

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

importations (dont de nombreux produits alimentaires "exotiques") menacent plus d'espèces à l'étranger que les activités agricoles sur leur propre territoire. Deuxièmement, l'agriculture intensive est aussi responsable de la simplification des paysages, via l'agrandissement des parcelles et la destruction d'infrastructures paysagères, telles que les haies, afin de faciliter le machinisme agricole. Or, cette disparition d'habitats semi-naturels nuit aux espèces d'autant plus que le paysage est déjà simplifié par les cultures (GILL et al. 2016; TSCHARNTKE et al. 2005). Ralentir voire inverser cette simplification est un levier important pour limiter la perte de biodiversité, un paysage complexe pouvant limiter les effets négatifs des pratiques dans la parcelle (ROSCHEWITZ et al. 2005). De même, augmenter la diversité des cultures à l'échelle paysagère (la "mosaïque de cultures") est déjà un moyen efficace pour promouvoir la biodiversité (SIRAMI et al. 2019).

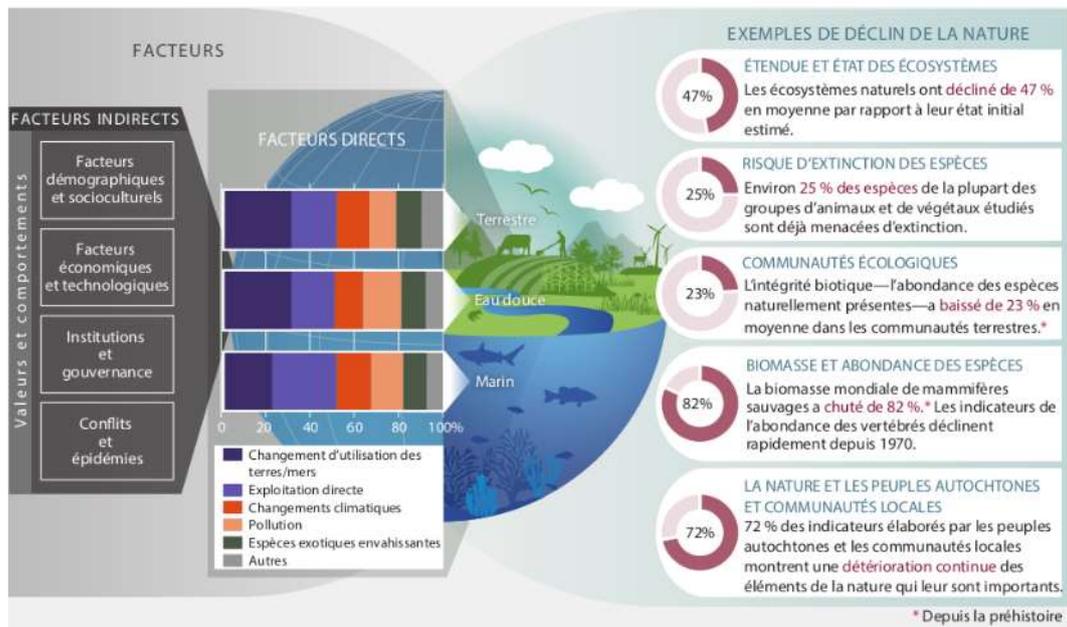


FIGURE 1.3. – Exemples de déclin observés dans la nature, provoqués par des facteurs directs et indirects (DÍAZ et al. 2019). La figure présente des exemples de déclin observés dans la nature à droite ainsi que les facteurs directs (changement d'utilisation des terres et des mers, exploitation directe des organismes, changements climatiques, pollution et espèces exotiques envahissantes) et leurs causes sociales sous-jacentes pouvant être démographiques, socioculturelles, économiques, technologiques, en lien avec les institutions et conflits humains. Les bandes colorées représentent les effets relatifs de chaque facteur sur les écosystèmes terrestres, d'eau douce et marins. A droite, les cercles illustrent l'importance des impacts anthropiques sur différents aspects de la nature et à différentes échelles temporelles.

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

Pour autant, tous les modèles de production agricole n'ont pas la même empreinte environnementale. Ainsi, le rapport de l'IPBES pointe que 30% de la production végétale mondiale et 30% de l'approvisionnement alimentaire sont fournis par de petites exploitations de moins de 2ha, le tout sur un quart des terres agricoles. De telles exploitations participent à la conservation d'une biodiversité riche, à la fois sauvage et cultivée (MERINO et al. 2019; RICCIARDI et al. 2018). De ce fait des modèles de production alternatifs sont mis en avant, comme l'agriculture biologique ou l'agroforesterie, pour leurs incidences moindres sur la biodiversité.

Ainsi, les approches écologiques ont bien identifié les mécanismes issus de l'agriculture intensive et responsables des pertes de biodiversité. Malgré les incertitudes dues à la complexité de la biodiversité, ces connaissances dégagent quand même des pistes d'action pour améliorer nos pratiques et la voie pourrait paraître ouverte pour une agriculture plus respectueuse de l'environnement. Néanmoins, notre modèle d'agriculture intensive² et ses alternatives ne reposent pas seulement sur certaines techniques agronomiques. Ce sont de vrais régimes socio-techniques, c'est à dire des ensembles de règles formelles et informelles entre parties prenantes, comprises dans un complexe de connaissances, de pratiques, de procédures et liées à des institutions et des infrastructures. Des changements techniques ne pourront être acceptés et être efficaces qu'intégrés dans des systèmes sociaux plus vastes. La technique développée n'est pas indépendante de son environnement social. C'est pourquoi, avant d'aller plus loin il nous faut mieux comprendre le développement de l'agriculture intensive en France et de ses alternatives, leurs protagonistes et les enjeux clés de l'évolution de nos pratiques agricoles.

1.2 L'agriculture intensive en France et en Europe : caractérisation socio-technique et régimes de savoirs

Ces deux derniers siècles, l'agriculture française s'est fortement transformée, suivant l'industrialisation des économies occidentales. Ce processus de modernisation a transformé les campagnes, depuis les métiers d'agriculteur-rices jusqu'aux relations socio-écologiques des habitants des zones rurales, mais aussi tout le circuit agro-alimentaire de nos sociétés. Mes travaux de thèse prennent place dans ce contexte, héritier de cette grande transformation. Il est ainsi important de présenter les principales caractéristiques socio-techniques de ce régime, à la fois sur le plan agronomique mais également politique. Notre objet d'étude principal, l'Observatoire Agricole de la Biodiversité, étant français nous nous concentrerons par souci de simplicité sur les caractéristiques de l'agriculture européenne et française.

2. Différents termes sont utilisés pour qualifier l'agriculture dominante depuis le milieu du XX^{ème} siècle : agriculture intensive, agriculture productiviste, agriculture moderne... Je resterais sur le terme d'agriculture intensive pour qualifier cette agriculture maximisatrice de la production par la biochimie et nécessitant de nombreux capitaux.

1.2.1 Le développement d'un nouveau régime éco-socio-technique

Au sortir de la Seconde Guerre Mondiale, un vaste mouvement de modernisation agricole prend place en Europe de l'Ouest, appuyé par les institutions politiques et une organisation socio-technique dédiée. Cette transformation repose sur trois piliers techniques que sont la *motomécanisation* (mécanisation plus efficace et motorisation des engins), les *intrants chimiques* et la *sélection génétique*, mais aussi sur un cadre éco-socio-technique global, intégrant cette nouvelle agriculture à la fois au commerce mondial et à un régime de production des connaissances spécifique. En effet, l'épistémologie de l'agronomie moderne s'est développée pour les exigences de l'industrie, développant des techniques de standardisation du vivant et ayant vocation à se diffuser largement auprès des agriculteur·rices, quel que soit leur contexte de culture.

1.2.1.1 Motomécanisation, intrants chimiques et sélection génétique, les trois piliers de la modernisation agricole

La modernisation agricole de l'après-guerre fut en continuité avec le développement industriel en cours depuis le *XIX^{ème}* siècle³, bien que beaucoup plus intense. MAZOYER et ROUDART (1997) parlent ainsi de "deuxième révolution agricole", après celle du *XVIII^{ème}* siècle qui avait vu le remplacement des jachères par des prairies semées et des cultures fourragères, ainsi qu'un doublement des rendements. Cette deuxième mutation agricole prolongea la phase de mécanisation avec l'apparition de machines de plus en plus complexes et l'appui de la motorisation. Elle reposa également sur la "chimisation" (augmentation de la consommation d'engrais, de pesticides et de la zoopharmacie), combinée aux progrès de la sélection animale et variétale qui permirent d'adapter certaines plantes cultivées et animaux d'élevage aux conditions de l'agriculture intensive. Les anciennes variétés/races ne valorisaient pas au mieux les apports importants en engrais ou les nouvelles rations alimentaires plus nourrissantes et n'étaient pas adaptées à certaines contraintes de la mécanisation (adaptation de la taille des pis aux machines à traire, discipline des animaux pour la traite, homogénéisation de la date de maturation des blés pour la moissonneuse-batteuse, etc.) et de l'industrie agro-alimentaire, telles que la dimension ou la couleur des produits (MAZOYER et ROUDART 1997).

A l'échelle paysagère, le contrôle total des conditions du champ à l'aide des trois piliers intrants, motomécanisation et sélection génétique, se traduit par la spécialisation progressive des exploitations et des régions. Cette spécialisation s'inscrivait dans le désenclavement des territoires par les nouveaux transports qui permirent de s'approvisionner et d'écouler les produits à des distances beaucoup plus grandes. Un vaste système agraire multirégional se construisit, avec des sous-systèmes régionaux

3. Nous resterons ici dans le cadre de la modernisation d'après-guerre qui malgré des prémices plus anciennes reste une transformation beaucoup plus rapide qui structure encore fortement le secteur agricole européen.

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

spécialisés et complémentaires reliés aux industries mécanique et chimique. Celles-ci fournissaient en amont les outils de production tandis que l'industrie agro-alimentaire en aval stockait, transformait et distribuait les produits (MAZOYER et ROUDART 1997). Les systèmes complexes de polyculture-élevage diminuèrent au profit des monocultures et d'une simplification paysagère. L'appauvrissement de la mosaïque paysagère fut amplifié par le processus de remembrement, qui visait à produire de grands parcelles d'un seul tenant afin de faciliter l'utilisation des machines agricoles. Cette vaste opération d'aménagement et de redistribution des terres fut appuyée par la création des Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (SAFER) pour contrôler le marché foncier rural et de l'indemnité viagère de départ qui incita les agriculteur-rices âgé.e.s à se retirer. Le remembrement provoqua un intense arrachage de haies et d'arbres champêtres (MAROCHINI 2003). De nombreux paysages bocagers furent ainsi remplacés par des paysages de "champs ouverts" (*openfields*) constitués de grandes exploitations céréalières.

1.2.1.2 Des techniques agronomiques insérées dans un mode de production des connaissances descendant et organisé en ordre socio-économique

Au-delà de ses caractéristiques techniques, la modernisation agricole fut aussi le résultat d'un phénomène organisationnel massif concernant la production, la vulgarisation et la diffusion de connaissances. Depuis les centres expérimentaux de l'Institut national de recherche agronomique (INRA), les conseillers des chambres d'agriculture, les centres R&D des coopératives, les lycées agricoles, les instituts techniques, c'est tout un ensemble de "cols blancs" qui participèrent à l'intensification agricole. Ce développement fut concomitant avec une vraie division du travail dans le secteur agricole et avec un mode de production des connaissances "diffusionniste" (DELÉAGE 2010). La science et les instituts techniques avaient le monopole de l'amélioration des pratiques, "vulgarisées" par la suite auprès des agriculteur-rices. Le décret de 1959 énonçait ainsi la vulgarisation agricole comme : "*la diffusion des connaissances techniques, économiques et sociales nécessaires aux agriculteurs, notamment pour élever leur niveau de vie et améliorer la productivité des exploitations*"⁴).

AGGERI et HATCHUEL (2003) proposent la notion d'ordre socio-économique (OSE) pour rendre compte des espaces d'action collective où coopèrent les différentes organisations du milieu agricole en se référant à des systèmes normatifs et à des dispositifs collectifs suffisamment stables et homogènes. La forme de ces OSE, leurs histoires et leurs liens avec les pouvoirs et organismes publics structurent fortement les recherches menées, ces dernières influençant également en retour l'OSE. Ces ordres sont aussi indissociablement reliés aux normes publiques produites dans l'action collective et les échanges permanents entre les acteurs. Les auteurs ébauchent une typologie de trois OSE qu'ils relient également à la dynamique de la recherche agronomique. Les "*ordres concurrentiels à prescripteurs multiples*" (par exemple les grandes

4. Décret n° 59-531 du 11 avril 1959

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

cultures céréalières) concernent des produits stables, une innovation peu visible par le client et une distribution sur les marchés internationaux. L'essentiel des capacités d'innovations est détenu par les firmes multinationales en concurrence pour la production de normes. La recherche publique se restreint à des questions à faible potentiel commercial. Les "*ordres néocorporatifs*" ont des produits instables avec un renouvellement constant des procédés et une association symbolique forte avec une qualité et des valeurs spécifiques. L'action collective est structurée par de nombreuses normes communes, par exemple dans le cas des appellations d'origine contrôlée. De nombreux partenariats de recherche sont noués avec la recherche publique et les questions de recherche sont bien cadrées et exigeantes. Enfin, entre ces deux extrêmes les "*ordres coopératifs étendus*" entremêlent concurrence, système coopératif et gammes larges de normes et de dispositifs. La recherche publique est ici prédominante dans la structuration et la cohésion des normes (par exemple norme d'alimentation d'élevage).

Le concept d'ordre socio-économique est intéressant pour penser la production des connaissances agronomiques et le rôle de la recherche publique et privée. Cependant, au-delà de leur système social de production, ces savoirs se construisent également dans un cadre épistémologique plus ancien, celui de l'agronomie moderne, rapporteur d'un lien particulier avec le vivant.

1.2.1.3 L'agronomie moderne, une science de la nature contrôlée et standardisée

L'agronomie peut être vue comme une science de l'agriculture qui émergea dans le contexte scientifique, politique et économique de l'Occident industriel. Gilles Denis la désigne comme "*ce qui s'est passé en Occident à partir du XVIII^{ème} siècle*" (DENIS 2001). Elle se développa à l'origine dans l'influence du paradigme épistémologique déductif et réductionniste de la chimie (JAS 2005), réduisant le champ à des bilans de flux (d'entrées et de sorties) d'éléments chimiques (principalement azote, phosphore et potassium). Puis, l'agronomie incorpora les principes de la sélection végétale. Ces théories et pratiques étaient à la recherche d'un progrès en soi des organismes, omettant l'idée darwinienne qu'une forme de vie n'a de sens que dans ses relations écologique et évolutives (BONNEUIL et F. THOMAS 2009). BONNEUIL et F. THOMAS (2009) montrent que la sélection et l'homologation des variétés cultivées, en se basant sur un triple critère de distinction, homogénéité et stabilité (DHS), visaient à fixer le comportement des variétés dans le temps et dans l'espace, sans considérer les relations écologiques avec l'environnement. Ainsi construite sur un paradigme nomologico-prescriptif (à la recherche de lois agronomiques générales pour tirer des prescriptions pratiques universelles, COHEN 2017), l'agronomie moderne se doit de considérer la parcelle et toutes ses composantes pédologiques, éco-évolutives, biologiques, génétiques, etc., comme l'extension des conditions expérimentales, un système dont on maîtrise les entrées et sorties et où les prescriptions peuvent s'appliquer. Cela est d'ailleurs symbolisé par certaines formes de conseil agricole, les prescriptions standardisées se substituant aux savoirs paysans et à l'expérience di-

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

recte (DARRÉ 1978), sans considérer les variations écologiques possibles (BIANCO 2018). COHEN (2017) propose le terme "d'agroformation"⁵, pour caractériser la transformation nécessaire de l'espace agricole, afin de réduire les multiples variations du vivant et d'en faire un lieu d'applications des prescriptions agronomiques. De même, R. LARRÈRE (2002) parle "d'artificialisation" de l'agriculture dans le cadre de l'industrialisation du secteur agro-alimentaire. L'agriculteur-rice y perd sa qualité de "pilote" de l'agroécosystème, qui cherchait la complémentarité entre les composantes agronomiques de son exploitation (élevage, cultures) tout en apportant des aménités, pour ne devenir qu'un "fournisseur de matières premières" du système industriel. Ce sont deux paradigmes techniques différents, celui de la fabrication d'artefacts et celui du pilotage d'être vivants, qui peuvent être combinés mais qui n'entretiennent pas le même rapport au vivant (C. LARRÈRE et R. LARRÈRE 2015).

Outre les bouleversements techniques apportés par l'agriculture intensive, c'est en réalité tout le cadre socio-économique et épistémologique sous-jacent des connaissances agronomiques qui est modifié en profondeur, faisant abstraction du rôle de la biodiversité et des variations du vivant. Ces changements se sont mis en place à travers l'action de différents protagonistes publics et privés apparus dans le cadre du développement agricole et qui ont construits leur place dans ce nouveau régime.

1.2.2 Le secteur agricole : du management public à un nouveau capitalisme agricole

Au-delà d'une simple transformation technique, la modernisation de l'agriculture fut un projet politique et économique, porté par de nombreux organismes publics, syndicaux puis privés (avec le développement du secteur agro-alimentaire). En sortie de la Seconde Guerre Mondiale, la planification des structures économiques et sociales de l'agriculture s'inscrivit plus globalement dans le vaste programme de modernisation du Commissariat au Plan et était financée par le plan Marshall. L'agriculture était un secteur stratégique de souveraineté, mais aussi un puits de main d'œuvre pour le développement de l'industrie. Libérer cette main d'œuvre nécessitait de réaliser des gains de productivité sur le secteur agricole. Ainsi, le rapport Armand-Rueff (ARMAND et RUEFF 1959) sur la modernisation économique de la France ciblait le secteur agricole français comme un secteur clé et archaïque comparé à ses voisins : "*La situation actuelle est imputable à l'archaïsme des structures parcellaires, à la faiblesse des surfaces cultivées par bon nombre d'agriculteurs, à l'inadaptation de certaines méthodes de production aux possibilités et aux exigences des progrès techniques, enfin, à l'insuffisance des stimulants, imputable, jusqu'à un passé récent, à un excès de protectionnisme.*" (ARMAND et RUEFF 1959).

A une époque où la planification était encore dominante, le management public

5. En référence à la terraformation, terme de science-fiction de Jack Williamson désignant la transformation d'une planète pour la rendre habitable.

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

et l'État jouèrent un rôle de premier plan dans la modernisation agricole. Le secteur public fut tout d'abord au cœur de la construction du nouveau régime de savoir avec l'INRA en tête de file, notamment dans le domaine de la sélection génétique (BONNEUIL et F. THOMAS 2009). Par ailleurs, pour inciter l'investissement des agriculteur·rices dans la modernisation, les politiques agricoles misèrent également sur de nouvelles formes de vulgarisation du progrès technique, entre les instituts techniques et de recherches et les agriculteur·rices. A l'échelle territoriale, cela se traduit par l'apparition d'un nouveau corps de métier, les conseillers agricoles, véritables agents intermédiaires du projet modernisateur, chargés d'apporter assistance technique et économique aux coopératives et exploitants. Toute la difficulté pour eux fut de construire une relation de confiance entre les agriculteur·rices, sans pour autant se détacher du contrôle de leur employeur. Majoritaires dans les services de l'État au départ, notamment à travers les Chambres d'agriculture, les conseillers agricoles finirent cependant par être de plus en plus employés par les organisations professionnelles agricoles privées. Dans les deux cas, ils jouèrent un rôle de déploiement des cadres techniques et financiers du projet de modernisation agricole et permirent une plus grande emprise de leurs employeurs sur cette transformation en les renseignant sur les pratiques des agriculteur·rices (BRUNIER 2012).

Depuis leurs positions historiques, les chambres d'agriculture⁶ et les coopératives agricoles⁷ sont encore aujourd'hui les principales institutions du conseil agricole. VILLEMARINE (2013) note néanmoins que ces deux activités de conseil différentes dans les années 60 à 80 tendent à se rapprocher. Les chambres menaient un service public d'accompagnement, largement subventionné, généralement en partenariat avec les centres et instituts de recherche publique et réalisé dans des groupes de développement. A l'inverse, l'activité des coopératives était indissociable de leur position commerciale entre les agriculteur·rices en amont et l'agro-industrie en aval. Les conseillers techniques se basaient essentiellement sur des gammes de produits de référence soutenant leur pouvoir de négociation. L'activité de conseil était donc plus prescriptive et individuelle. Les deux formes de conseils ont néanmoins en partie convergé. Incertaines face à la libéralisation de l'économie et la tendance de désengagement de l'État dans le conseil agricole (LABARTHE, GALLOUJ et LAURENT 2013), les chambres commencent à faire payer une partie de leurs conseils. Parallèlement face à la critique sociale de l'agriculture, certaines coopératives se positionnent dans l'agriculture durable et transforment leurs dispositifs de production de connaissances (exemple du virage de "l'Agriculture Écologiquement Intensive"⁸). Cette évolution est néanmoins source de standardisation du savoir agroécologique (BIANCO 2018), sans questionner la dépendance de l'agriculteur·rice à la coopérative.

6. Organismes départementaux et régionaux de représentations des métiers agricoles, créés en 1924 et impliqués dans le développement agricole

7. Entreprises de taille variable (depuis des petites entreprises à des groupes internationaux) agissant dans différents secteurs agro-alimentaire. Le statut de coopérative assure une même voix pour chaque sociétaire (qui possède une part) et une même répartition des profits.

8. <https://www.terrena.fr/la-nouvelle-agriculture/>

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

Cette relation dialectique entre conseil des chambres et des coopératives montre aussi que si le management public est un moteur incontournable de la modernisation de l'agriculture, celui-ci est en étroite relation (plus ou moins tendue) avec les organisations et syndicats du secteur. Ainsi, la fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles (FNSEA) et le centre national des jeunes agriculteur·rices (CNJA) contribuèrent activement aux lois d'orientation agricoles de 1960-1962, notamment sur les tailles d'exploitations. Néanmoins, les divergences entre les organisations professionnelles agricoles finirent par éclater, révélant les fractures selon les régions, les systèmes de production ou les intérêts économiques. Cette crise du développement agricole de 1972 remit en cause la politique de développement agricole. D'une part la Cour des comptes et les grands exploitants critiquèrent sa faible sélectivité, sa complexité et son coût, alors qu'à l'inverse les petits exploitants ne parvenant pas à rembourser leurs investissements dénonçaient la recherche de rentabilité et la progressive prolétarianisation des paysans (BRUNIER 2016). Ce fut aussi l'occasion pour les coopératives de s'affirmer comme nouvelles actrices du développement, proposant une répartition des rôles mettant en avant leurs expertises de conseil technique et commercial, position encore d'actualité aujourd'hui (LABARTHE, GALLOUJ et LAURENT 2013).

Cette période charnière des années 70 fut aussi un moment de reconfiguration de l'appareil de développement agricole (BRUNIER 2016). L'action publique agricole fut pionnière dans la mise en place du programme de rationalisation des choix budgétaires et fut ainsi à l'origine de la première politique de réforme de l'État dans une doctrine néo-libérale. Le management public vit se déployer une importante instrumentation de gestion, cherchant à mesurer l'efficacité des actions de développement. Le secteur agricole fut ainsi le terreau du Nouveau Management Public (NPM), une doctrine de l'action publique qui met l'accent sur la notion de performance et l'utilisation d'indicateurs et qui allait progressivement s'imposer dans les procédures du secteur public. Ainsi, les directives de la Politique Agricole Commune (PAC) conditionnèrent le financement des investissements agricoles à la présentation d'un "plan de développement" démontrant la rentabilité à moyen et long terme des investissements. De même, les dotations jeunes agriculteur·rices exigèrent l'établissement d'une étude économique prévisionnelle d'installation, nommée aujourd'hui Plan d'Entreprise. Enfin, les plans de professionnalisation personnalisés suivaient les compétences des candidats à l'installation. Les chambres d'agriculture furent également profondément affectées par cette instrumentation. Les plans pluriannuels de développement agricole, obligatoires pour l'attribution des financements nationaux, définissaient des objectifs précis, chiffrés et hiérarchisés en sous-objectifs, eux-mêmes décomposés en critères de réalisation. La rigidité instrumentale et l'évaluation des résultats a posteriori remirent en cause la forte autonomie des conseillers chambres et fragmentèrent leurs approches (BRUNIER 2016).

Or, si en France l'essentiel du développement agricole s'est fondé sur les structures

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

agricoles, généralement de taille familiale, ces mondes agricoles sont aujourd'hui en recomposition, avec l'arrivée d'une agriculture de firme et de nouvelles formes non familiales d'organisation du travail. L'agriculture de firme se distingue par une forte concentration de la production, la substitution du capital au travail, la spécialisation, la standardisation et la maîtrise de la chaîne de valeur et de ses maillons lucratifs (PURSEIGLE et MAZENC 2021; PURSEIGLE, NGUYEN et BLANC 2017). PURSEIGLE et MAZENC (2021) illustrent bien la nouvelle rationalité qui accompagne la vie interne de ces nouveaux modes d'organisation collective de la production agricole. Celle-ci est guidée par une volonté d'amélioration de la performance, qui s'applique à la fois au travail sur la plante, à la gestion de la main d'œuvre et à l'intégration des sites de production et de transformation. Cette rationalisation passe bien souvent par des instrumentations de gestion, bien connues de nos organisations industrielles (MACLOUF 2020), telles que des outils de pointage des ouvriers, de suivi des temps de réalisation des tâches par chaque salarié, ou de modélisation des besoins des plantes. Par ailleurs, ces organisations s'adaptent et interagissent avec les filières, développant une rationalisation matérielle pour répondre aux demandes de l'aval (puce de traçabilité, labellisation environnementale, etc.) ainsi qu'une rationalisation formelle (déploiement de marques collectives, contractualisation avec des exploitations traditionnelles, etc.) (PURSEIGLE et MAZENC 2021).

Ces différentes organisations et instruments élaborés au cours du développement agricole participent ainsi à un dispositif foucauldien, au sens d'un "*ensemble résolument hétérogène, comportant des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, des lois, des mesures administratives, des énoncés scientifiques, des propositions philosophiques, morales, philanthropiques*" (FOUCAULT 1977), susceptibles de rationaliser les pratiques agricoles, mais également de transformer les individus et organisations du système. Même si le modèle se renouvelle face aux critiques sociales et environnementales et face à l'apparition de nouvelles formes de travail, ce projet de rationalisation industrielle des pratiques est toujours vivant. Les alternatives à l'agriculture intensive doivent se positionner face à ce projet, certaines cherchant à l'orienter vers des pratiques plus environnementales, d'autres appelant à un véritable renversement des systèmes socio-techniques.

1.3 Alternatives et résistances à l'agriculture intensive

Le modèle de l'agriculture intensive ne s'est pas imposé sans critiques au cours du XX^{ème} siècle. Retracer l'évolution des critiques du modèle et des alternatives développées permet de mieux le cerner, d'identifier des facteurs clés de changement, et de comprendre le rôle des connaissances dans leur élaboration.

1.3.1 Les différentes critiques du modèle dominant

Au cœur même du mouvement modernisateur, la profession agricole n'a jamais été homogène. Ainsi, si les discours sur la transformation agricole ont pu s'imposer sur l'amélioration de la nutrition humaine (nourriture abondante et considérée de qualité car normée et standardisée) et des conditions de travail (diminution de l'intensité physique), le modèle intensif fut rapidement critiqué.

Le bilan social est nuancé par de nombreux discours. Retraçant l'histoire des mouvements alternatifs, DELÉAGE (2011) montre que dès les années 50, des collectifs d'agriculteur-rices au sein des syndicats remettent en cause le processus et la disparition des petits producteurs. La modernisation est vue comme très inégale et marginalisant à la fois les petits producteurs (PLOEG 2006) et les territoires moins productifs. En effet, l'accroissement très rapide de la productivité du travail a entraîné une baisse tendancielle des prix des produits agricoles, et cela de manière défavorable au prix des moyens de production agricole. Ainsi, la valeur ajoutée nette du secteur agricole (valeurs des produits agricoles moins la consommation de biens et de capitaux nécessaires à la production) diminue depuis les années 60 (figure 1.4). Or, la logique de développement reposant sur l'utilisation forte d'intrants et d'équipements, le revenu agricole par actif ne peut se maintenir que par le biais d'une forte diminution du nombre d'actifs, ce qui se traduit par l'agrandissement des exploitations et la disparition des exploitants incapables d'investir dans de nouveaux équipements (BELL et DECREÉ 2021). D'un point de vue systémique, s'inspirant de la formule de Marcel Mauss, PRÉVEL (2008), parle de "*fait social total*" ayant des incidences à la fois économiques, symboliques, politiques et imaginaires. Il met en avant la vulnérabilité et la dépendance au système des agriculteur-rices productivistes, soumis au pouvoir économique, technique et scientifique des multinationales, pouvoir reposant sur l'adhésion à une idéologie du progrès. Il décrit ainsi un travail rationalisé pouvant devenir machinal et déshumanisé ; la vulnérabilité symbolique d'une profession de moins en moins nombreuse, soumise à un fort besoin en capitaux (et donc à l'endettement) qui alimente l'incertitude et le stress ; une hétéronomie (absence d'autonomie) politique face aux autres acteurs et face à la perte de connaissances techniques ; et enfin, l'injonction à suivre un "train du progrès" limitant la pensée à un seul imaginaire, le progrès agro-industriel. D'autres études documentent la dégradation des conditions de travail et les déceptions possibles face à la modernisation agricole (SALMONA 1994). Ces constats critiques ne se limitent pas au monde académique : dès les années 70, des dynamiques associative et syndicale sur les préoccupations sociales et écologiques émergent, avec par exemple le rôle des CIVAM (Centres d'Information et de Vulgarisation Agricole et Ménagère devenus aujourd'hui les Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural), qui devinrent des lieux favorables au développement de modes de production agricole alternatifs (DELÉAGE 2011).

Les critiques environnementales se firent entendre également dès les années 60 avec l'apparition de collectifs de pratiques alternatives, comme le Réseau Agriculture

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

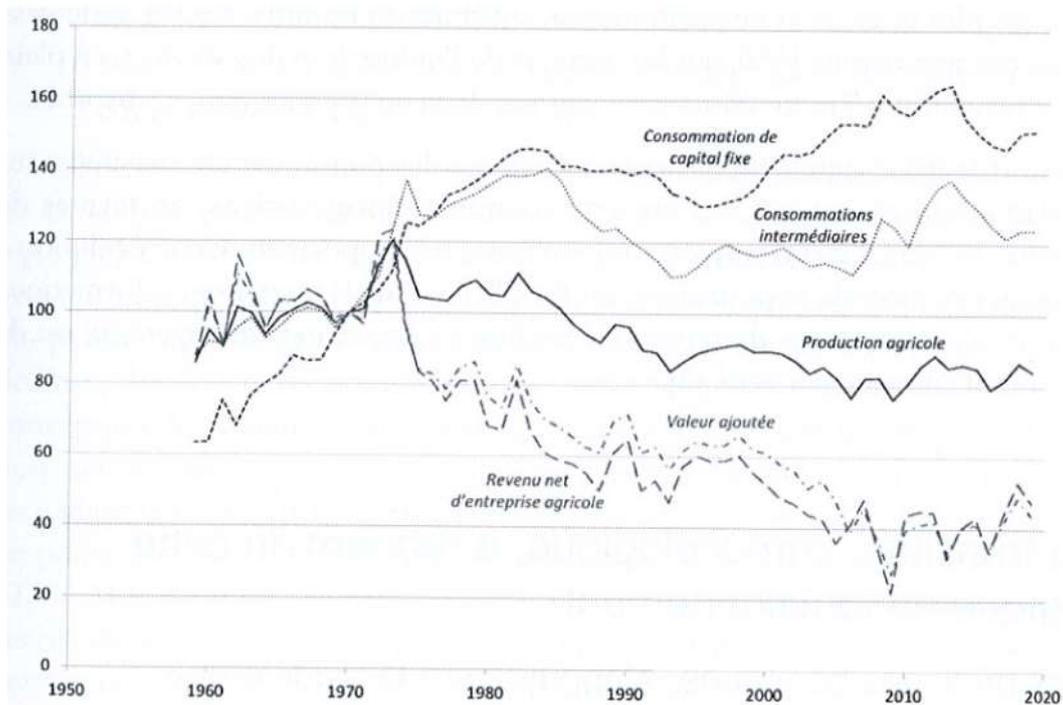


FIGURE 1.4. – Évolution de la valeur ajoutée et du revenu de l'agriculture en monnaie constante depuis les années 70. La valeur ajoutée nette est égale à la différence entre le produit brut (valeur de la production finale agricole) et la somme des consommations intermédiaires (consommations de biens et de services dans l'année) et de capital fixe. Données INSEE (DEVIIENNE et GARAMBOIS 2021).

Durable, et le début de l'agriculture biologique. Celle-ci reprit des cahiers des charges existants, tels que celui de Déméter mis en place dans les années 30 pour la biodynamie ou de Nature & Progrès créé en 1972. L'institutionnalisation de l'agriculture biologique s'intensifia avec sa reconnaissance officielle par un amendement de la loi d'orientation agricole de 1980, et la mise en place d'une certification officielle, accompagnée d'une gouvernance multi-acteurs. Le Grenelle de l'Environnement en 2007 fixait ensuite un objectif de 20% de surface agricole utile (SAU) en biologique en 2020, ambition cependant revue à la baisse dans le récent plan Ambition Bio 2022, qui vise 15% de SAU en 2020, celle-ci ayant finalement atteint 8,5%⁹. En dehors de l'agriculture biologique, les pouvoirs publics et la profession agricole proposèrent d'autres modèles pour répondre aux injonctions environnementales croissantes. L'*écologisation des pratiques agricoles*, notion proposée par des sociologues de l'environnement (DEVERRE et DE SAINTE MARIE 2008) pour désigner le processus d'intégration de l'enjeu environnemental dans les politiques et pratiques agricoles, s'affirma ainsi dès les années 1985 et l'apparition des premiers dispositifs agro-environnementaux dans la PAC.

Le premier dispositif des pouvoirs publics finançait à travers la PAC les agricul-

9. <https://agriculture.gouv.fr/infographie-lagriculture-biologique-en-france>

1. *Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique*

teur·rices qui adoptaient des pratiques pour la conservation des zones sensibles. Cela prit la forme d'un contrat avec la puissance publique afin que les agriculteur·rices perçoivent une compensation. La réforme de la PAC de 1992 renforça ce dispositif, en introduisant le concept "d'agriculture durable" (BURTON 2004). Un second pilier de la PAC, qui s'institutionnalisa dans les réformes de 1999 et 2003, fut consacré au développement rural, et eut pour vocation la reconnaissance et le soutien des fonctions de protection de la biodiversité et d'entretien des paysages ruraux assurées par l'agriculture. On parle de verdissement de la PAC (LOWE, FEINDT et VIHINEN 2010). Cette dynamique publique s'appuya également sur la notion de multifonctionnalité de l'agriculture, très en vogue durant les années 90-2000, qui reconnaissait un large panel de fonctions à l'agriculture, autres que la simple production de produits agricoles. Le concept fut néanmoins assez débattu, en particulier concernant sa réelle opérationnalité. Ainsi, MARSDEN et SONNINO (2008) dénoncent la contradiction au Royaume-Uni entre des politiques qui conduisent à concentrer les ressources dans un système alimentaire agro-industriel, et les volontés de décentralisation et de diversification prônées par la multifonctionnalité. Selon eux, les principes de la multifonctionnalité ne sont pas appliqués de façon à permettre réellement une nouvelle option pour le développement rural.

Les mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC), contractualisations issues du second pilier de la PAC, s'institutionnalisèrent en France et dans l'UE, rentrant ainsi dans les routines. Axées au départ sur la protection d'habitats et d'espèces menacées, elles se sont aussi progressivement orientées sur le maintien de services écosystémiques (BATÁRY et al. 2015). Elles permettent de financer un exploitant mettant en œuvre des pratiques favorables à l'environnement, dans le cadre d'un contrat de 5 à 6 ans. Néanmoins, l'efficacité de ces mesures est remise en question, car elles ne semblent pas toujours permettre de réels bénéfices pour la biodiversité (KLEIJN et al. 2001), et peuvent coûter cher si elles sont mal conçues (BATÁRY et al. 2015). En particulier, leur rigidité bureaucratique et leur relative déconnexion avec les apprentissages et savoirs des agriculteur·rices ne permettent pas toujours d'impulser d'importants changements de pratiques (MESNEL 2018).

De son côté, la profession agricole à travers ses représentations syndicales majoritaires conçut ses propres modèles d'écologisation des pratiques, tels que l'Agriculture raisonnée. Il s'agissait de remplacer une modernisation productiviste par une modernisation "écologique" conciliant production et respect de l'environnement. Ainsi, le Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement, fut fondé en 1993 à l'initiative du syndicat FNSEA et de l'Union Interprofessionnelle de la Protection des Plantes (BRÛLÉ-GAPIHAN, LAUDE et MACLOUF 2017). Le modèle de l'Agriculture Raisonnée ne suscita pas de changements de pratiques significatifs, se cantonnant plus à un engagement à déclarer et enregistrer les pratiques qu'à une réduction des intrants (DOUSSAN 2004). Plus récemment, les concepts de "triple performance" (économique, environnementale, sociétale) et d'Agriculture Écologiquement Intensive (AEI) (GRIFFON 2006) ont pris de l'ampleur dans la profession agricole et dans les

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

coopératives. L'AEI considère les processus naturels comme source d'inspiration pour créer de nouveaux procédés techniques. Elle apporte principalement un socle technologique, qui limite les effets négatifs des pratiques et intègre les processus écologiques dans la production. C'est ainsi une modification principale du cadrage du travail technique des conseillers, sans toutefois remettre en cause les arrangements institutionnels de l'agriculture intensive (BIANCO 2018; BIANCO et al. 2019).

Enfin, le Ministère de l'Agriculture français s'est lancé en 2014 dans la promotion de l'agroécologie avec le "plan agroécologique pour la France" ¹⁰. L'agroécologie repose sur l'application à la production agricole de principes et de concepts écologiques holistiques, visant à maximiser la biodiversité fonctionnelle et à renforcer les régulations biologiques plutôt que de recourir à des intrants extérieurs (Encadré 2). Cette mise à l'agenda politique s'est faite grâce à des dispositifs d'action publique, pour certains dans la continuité des initiatives déjà existantes de réduction de l'usage des pesticides (comme les groupes de pratiques DEPHY du plan Ecophyto). Mais le plan d'action a également introduit des mesures sur la production des connaissances. Il a réorienté une partie du contenu technique de l'enseignement agricole avec le plan "Enseigner à Produire Autrement" ¹¹ et cherché à soutenir les groupements d'agriculteur·rices développant de nouvelles pratiques, avec les Groupements d'Intérêt Économique et Environnemental (GIEE). Au cours de ces travaux, nous nous inspirerons principalement des réflexions et avancées autour de l'agroécologie qui est le cadre public principal de l'évolution agricole en France (bien que sa pérennité soit questionnée) et qui est assez large et flexible pour intégrer un grand nombre de formes d'agriculture, contrairement à l'agriculture biologique plus restrictive et qui risque de nous enfermer dans une définition administrative éloignée des pratiques.

Les alternatives au modèle de l'agriculture intensive sont donc nombreuses. Elles ont cependant plusieurs origines institutionnelles, ainsi que des degrés d'oppositions au modèle dominant différents. Toutefois, comme l'énonce Claire LAMINE (2017), ces trajectoires d'écologisation des individus et des structures se font dans la réalité entre, d'un côté, des tensions entre les tendances "modernisatrices" orientant l'agriculture, et de l'autre, les résistances au changement qui légitiment les alternatives, mais font également évoluer le projet modernisateur de l'intérieur. Les enjeux du changement et des résistances restent un sujet d'étude complexe.

Encadré 2 : L'agroécologie, un champ aussi politique qu'écologique.

L'agroécologie est un vaste champ thématique qui s'est institutionnalisé progressivement au cours du XX^{ème} siècle, ses principes étant maintenant

10. <https://agriculture.gouv.fr/le-projet-agro-ecologique-en-12-cles>

11. <https://agriculture.gouv.fr/enseigner-produire-autrement-pour-les-transitions-et-lagroecologie>

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

reconnus à la FAO qui la définit comme "*une approche intégrée qui applique concomitamment des notions et des principes écologiques et sociaux à la conception et à la gestion des systèmes alimentaires et agricoles*" (FAO 2018). Bien que l'agroécologie se soit formalisée au départ comme une application des principes de l'écologie à l'agronomie, elle a rapidement pris des teintes sociologique et politique. L'article à succès de WEZEL et al. (2009) suggère qu'elle se bâtit sur une triade combinant la science, la mise en pratique et les mouvements sociaux. Ce changement de perspective réduisit l'importance du pilier "économique", dominant dans le concept d'agriculture durable, et participa à une forte appropriation du terme. Cela explique aussi son grand succès dans les agricultures des pays du Sud, l'agroécologie devenant une voie de résistance.

Dans une récente synthèse cherchant à qualifier les systèmes agroécologiques, DUMONT, WARTENBERG et BARET (2021) proposent six principes écologiques et sept socio-économiques. Ces principes sont entendus non pas comme des règles formelles mais plutôt comme des approches principales devant être traduites en pratiques, et qui vont varier selon les contextes.

Principes écologiques :

- accroître le recyclage de la biomasse et atteindre un équilibre dans le flux des éléments minéraux;
- fournir les conditions de sol les plus favorables pour la croissance des plantes, en maintenant un taux de matière organique et une activité biologique élevés;
- minimiser les pertes en énergie, eau et éléments nutritifs en fonctionnant en circuit relativement fermé plutôt qu'ouvert;
- renforcer l'immunité du système en renforçant la biodiversité fonctionnelle;
- diversifier les ressources génétiques dans l'agroécosystème à l'échelle du paysage, spatialement et temporellement;
- promouvoir les interactions et les synergies biologiques bénéfiques entre les composantes de l'agrobiodiversité.

Principes socio-économiques :

- offrir de bonnes conditions de vie et de travail;
- participer au développement de systèmes alimentaires intégrant les agriculteur-rices, consommateurs, et scientifiques, afin de permettre les échanges d'intrants et de connaissances;
- contribuer au développement de systèmes alimentaires locaux en promouvant des emplois et technologies locaux, en minimisant les distances nécessaires à la production, transformation et commercialisation;
- créer du savoir collectif en reconnaissant la valeur des connaissances

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

- traditionnelles et empiriques, et en facilitant les échanges ;
- prendre des décisions sur des modèles démocratiques, avec des relations de pouvoirs équilibrées et des systèmes de décisions horizontaux ;
- assurer l'autonomie décisionnelle et financière face aux institutions économiques et politiques ;
- participer à des actions politiques afin de promouvoir les principes de l'agroécologie et ses applications.

Enfin, dans une perspective théorique intéressante, BELL et DECREÉ (2021) émettent l'idée que la pensée agroécologique libère et appelle à sortir d'un cadre binaire. Au-delà de la triade de durabilité (écologie, économie, social), et de celle bâtie par Wezel, l'agroécologie peut aussi être vue comme une pensée à l'intersection des sciences sociales, sciences naturelles et des humanités ; une recherche d'un "savoir ancré" entre le savoir local et le savoir expert, ou encore une reconnaissance des interrelations constitutives entre les approches réductionnistes et holistiques (entre le tout et ses parties), Koestler parlant "d'holon" (KOESTLER 1967).

1.3.2 La complexe question du changement en agriculture : entre individu récepteur, collectifs de pratiques, environnement socio-économique et institutionnalisation des alternatives

La question du changement en agriculture a fait l'objet de nombreux travaux, en particulier à partir du mouvement de modernisation. Ces travaux fondateurs, qui étudièrent l'adoption des nouvelles techniques ou la résistance, tendaient à considérer le changement comme un fait exogène, s'imposant à l'agriculteur-riche selon un modèle diffusionniste descendant (BUSCA et VIDAL 2015). L'agriculteur-riche n'avait donc qu'un rôle de récepteur de l'innovation, à l'exception de quelques pionniers. Néanmoins, rapidement, plusieurs approches dépassèrent ce modèle pour mettre en avant le rôle des réseaux professionnels et des dialogues techniques entre pairs dans la production de connaissances et la mise en place de nouvelles pratiques COMPAGNONE (2014). Les travaux de Claude Compagnone soutiennent ainsi que la transition agro-écologique implique des échanges et une coordination plus intense entre les agriculteur-rices. Mettant en avant les vertus de l'échange, ces études réinterrogent les capacités d'innovation des agriculteur-rices et les dispositifs d'accompagnement pertinents pour les soutenir.

Toutefois, les réponses des agriculteur-rices à l'injonction d'écologisation restent très variées. Dans son ouvrage, Claire LAMINE (2017) souligne bien la diversité des trajectoires d'écologisation, non-linéaires, faites de bifurcations et surtout multidimensionnelles. Cette pluralité se comprend par une hétérogénéisation du monde agricole et de ses modèles : les itinéraires techniques varient fortement selon les

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

modèles et ne nécessitent pas les mêmes modifications face aux enjeux environnementaux (LÉMERY 2003 ; de RAYMOND et GOULET 2014). L'écologisation des pratiques conduit également au bouleversement des manières d'être des agriculteur·rices et du sens donné au métier, Claire Lamine évoquant un "ethos professionnel". Elle démontre ce changement de sens du métier, qui doit rompre avec un modèle d'excellence professionnelle existant et développer un nouveau rapport au risque, par exemple dans la décision de traiter. Ainsi, la décision de renoncer à appliquer un produit phytosanitaire est éminemment complexe, résultant de différents processus, tels que : faire l'impasse sur le bilan sanitaire transmis par certains instituts, évaluer les dégâts potentiels, avoir une stratégie de sécurité, oser faire différemment du voisin et du conseiller, etc.

Pourtant, ces trajectoires ne se font pas dans un cadre isolé. Si nous avons déjà rappelé l'importance des collectifs de pratiques, il est également nécessaire d'élargir le champ de vision pour replacer ces changements dans leur relation avec le cadre socio-technique et économique. L'écologisation des pratiques est aussi une écologisation des systèmes alimentaires. Ainsi, les sciences économiques et de gestion imputent une inertie de l'agriculture conventionnelle à des effets de "verrouillage technique" (*lock-in*) et de "dépendance au sentier" (MEYNARD, CHARRIER et al. 2018 ; VANLOQUEREN et BARET 2009). Ces effets sont décrits comme un ensemble de dispositions et de routines techniques et institutionnelles orientant les pratiques culturelles et limitant la capacité de changement. Par exemple, MEYNARD, CHARRIER et al. (2018) montrent dans le cas de la diversification des cultures l'existence d'un verrouillage. Celui-ci est dû à différents éléments le long de la chaîne de valeur qui favorisent les espèces dominantes (blé, maïs, colza...) par rapport aux espèces minoritaires (lin, moutarde, sorgho, chanvre, luzerne...) et qui sont souvent interconnectés : manque de références techniques sur les rotations, contrainte logistique pour la récolte, difficulté de coordination avec l'aval de la chaîne, absence de débouchés commerciaux, conflits d'intérêt avec les protagonistes de la filière, etc. De manière plus large, BARBIER et GOULET (2013) suggèrent que l'écologisation des pratiques agricoles nécessite aussi une *désadoption* de pratiques et d'artefacts issus de la modernisation. Ces processus de dissociation seraient tout aussi importants que les appropriations de nouvelles innovations.

Face à ces blocages systémiques, l'action publique agro-environnementale peut paraître pertinente pour agir à large échelle et favoriser l'écologisation des pratiques. Néanmoins, après plusieurs décennies d'actions publiques le constat est mitigé, les politiques publiques et outils ayant du mal à atteindre leurs objectifs (BUSCA 2010 ; GUICHARD et al. 2017). Les travaux de sociologie publique ont montré que les modes d'intervention participatifs et moins hiérarchisés procurent une forte capacité de négociation au secteur agricole conventionnel, ce qui tend à limiter les changements impulsés par les politiques publiques. En contre-point, d'autres études proposent donc de changer de focale d'analyse, de moins s'attarder sur les instruments d'action publique trop soumis au travail de négociation, pour se centrer sur les initiatives

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

et opportunités professionnelles souvent moins visibles (BUSCA et VIDAL 2015). La transition s'opérerait tout aussi bien dans ces espaces professionnels et réseaux socio-techniques. La question n'est alors plus la mise en œuvre d'un programme fixe, mais la compréhension de ces situations définissant (et définies par) les problèmes, les solutions et les organisations parties prenantes.

Enfin, à une échelle plus macrodynamique des innovations, plusieurs travaux appellent à considérer les innovations environnementales par des approches dynamiques permettant de mieux caractériser l'incertitude et l'ambivalence des changements réels au sein d'un secteur de production (BRÛLÉ-GAPIHAN, LAUDE et MACLOUF 2017; INGRAM 2015). Ils partent du modèle "multi-level perspective"¹² de GEELS et SCHOT (2007) qui se compose : i) d'un *régime socio-technique* dominant, qui se caractérise par ses réseaux d'acteurs et ses fondements cognitifs, normatifs et coercitifs; ii) des *niches*, qui s'apparentent aux "interstices" et aux opportunités en-dehors du régime où les entreprises de petite taille vont pouvoir se développer; iii) d'un *paysage* qui est l'ensemble des forces socio-économiques exogènes qui vont influencer les organisations du régime et des niches. Le paysage est le fruit de structures politiques, économiques et idéologiques, c'est un contexte qui facilite certaines parties prenantes au détriment d'autres. A partir de cette conceptualisation, BRÛLÉ-GAPIHAN, LAUDE et MACLOUF (2017) montrent que le régime ne reste pas passif lors d'apparitions d'innovations dans les niches. Contrairement à un imaginaire encore fort, les niches n'ont pas tendance à fragiliser le régime pour finalement le remplacer mais plutôt elles l'alimentent, ce dernier puisant et modifiant en retour les alternatives des niches. A l'inverse, les alternatives se définissent aussi en opposition au régime sans changer d'échelle tandis que celles qui s'adaptent aux enjeux de production à large échelle peuvent être modifiées et paraître dénaturées (figure 1.5). Retraçant l'histoire de l'agriculture biologique, les auteurs interprètent son institutionnalisation comme participant de ce processus d'interaction niche-régime. Dans la même logique, INGRAM (2015) place le lien régime-niche sur un gradient "adaptabilité-transformabilité" selon le niveau de comptabilité entre les deux, ce dernier dépendant de nombreux facteurs : origine de la niche, le niveau d'innovation, les tensions dans le régime, etc. A partir d'innovations agro-alimentaires, elle décrit cinq modes d'adaptation niche-régime : i) l'*adaptation pragmatique* où des solutions sont facilement extraites de la niche (exemple de la traçabilité dans les élevages); ii) l'*adaptation progressive* où niche et régime partagent de nombreux principes et l'innovation est assez flexible pour être intégrée (exemple des réseaux d'agriculture durable); iii) les *régimes intermédiaires* où les niches sont à l'intersection entre plusieurs régimes (par exemple pour l'agro-énergie); iv) l'*adaptation partielle* dans laquelle la niche est en contestation en marge du système, sa flexibilité est faible mais elle peut être réinterprétée par des certifications (exemple de l'agriculture biologique et l'économie sociale et solidaire); v) l'*adaptation parallèle*, l'innovation sociale allant au-delà de la production agricole

12. Nous reviendrons plus précisément sur ce modèle pour le mobiliser dans la discussion du chapitre 8

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

et se caractérisant par une opposition au régime, la niche évolue en parallèle (exemple de la permaculture).

La question du changement est donc réticulaire, s'envisageant autant dans le métier agricole que dans l'ensemble des relations avec le régime technique environnant. La production des savoirs s'inscrit dans ces interrelations avec le régime dominant et est un enjeu pour la transformation écologique de l'agriculture. Comprendre la production des connaissances agronomiques dans notre régime technique est donc indispensable pour envisager leur écologisation et nous terminerons ce chapitre en détaillant cet enjeu.

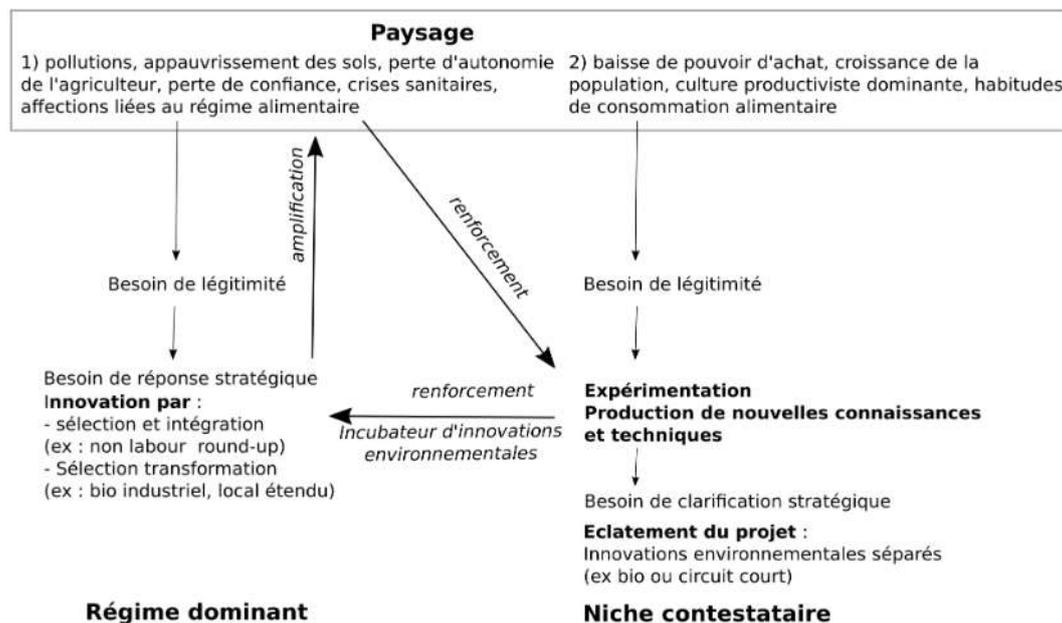


FIGURE 1.5. – Vision dynamique de l'innovation environnementale : renforcement réciproque entre niche et régime dans le cas des alternatives agricoles (BRÛLÉ-GAPIHAN, LAUDE et MACLOUF 2017).

1.3.3 Place des savoirs et autonomie de l'agriculteur-riche : un enjeu sous-jacent de l'écologisation des pratiques agricoles

Terminant ce panorama de l'agriculture intensive et de ses alternatives, il apparaît que la place des savoirs et de la production des connaissances est un sujet central et sous-jacent de l'évolution de l'agriculture.

La synthèse historique réalisée par COMPAGNONE, LAMINE et DUPRÉ (2018) retrace l'évolution de la production et de la circulation des connaissances agronomiques au cours du XX^{ème} siècle. Les auteurs montrent comment à partir d'un modèle très descendant dans les années 60, des systèmes différents se virent progressivement

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

accorder de l'importance. Ainsi la dynamique des États généraux de 82-83, qui reconnaissaient officiellement d'autres modes de production (dont l'agriculture biologique), se traduit par la création de plusieurs collectifs d'agriculteur·rices voulant produire leur propres références techniques (tels que le Centres d'Études pour le Développement d'une Agriculture Autonome en Bretagne, le Réseau Agriculture Durable ou les CIVAM). Cela permet de faire reconnaître des savoirs auparavant écartés. Le modèle productiviste de l'agriculture intensive restait néanmoins encore dominant, ce qui se manifesta notamment à l'époque par des campagnes de communication pour diffuser ses pratiques aux agriculteur·rices "non touché·e·s par le développement".

Comme nous l'avons décrit précédemment, les injonctions environnementales croissantes poussent à réinventer l'agriculture et donc les pratiques d'accompagnement et de production des connaissances. De nouvelles parties prenantes de la société interviennent dans la gestion agricole et les organisations agricoles doivent acquérir de nouvelles compétences. Cependant, face à la pluralité des nouvelles qualifications des formes d'agriculture en développement et concurrentes en termes de légitimité publique, la situation actuelle s'avère paradoxale (OLLIVIER et BELLON 2013). Le thème du transfert de connaissances de l'appareil de recherche-développement vers les agriculteur·rices est ainsi croissant dans les discours, alors que ce dernier s'affaiblissait jusque-là, ce qui se traduit par exemple par une plus grande prise en compte des singularités de chaque agriculteur·rice dans les pratiques de conseil (CERF et MAXIME 2006). Inversement, les agriculteur·rices se retrouvent sommé·e·s d'adapter leurs pratiques aux exigences environnementales et la tentation est forte à travers les réglementations environnementales et les exigences sociales de retrouver un modèle de transfert descendant, depuis l'appareil de recherche et développement vers les agriculteur·rices. Les mesures de verdissement de la PAC, instaurées depuis les années 90 souffrent de cet éloignement, confinant les conseillers à des enjeux de conformité bureaucratique et sans réelle modification des pratiques (MESNEL 2018). De même, certaines coopératives promeuvent un resserrement des savoirs, les formalisant dans des guides et outils d'aides à la décision (BIANCO 2018). L'impératif environnemental amène ainsi nombre important de professionnels et politiques à vouloir entraîner cette écologisation par la diffusion massive de connaissances adaptées à tous, donc standardisées. La situation est paradoxale car les principes de l'agroécologie mettent justement l'accent sur les spécificités des conditions locales et la difficulté d'appliquer de manière standard les connaissances. Dans cette optique, la recherche et développement veut tirer parti des expériences et savoir des agriculteur·rices afin qu'ils développent eux-mêmes les connaissances, d'où l'importance de la thématique des collectifs de pratiques.

L'approche agroécologique questionne ainsi la production de "savoirs locaux". Afin d'intégrer les dimensions contingentes et locales des pratiques, ces connaissances se construisent dans l'action elle-même et se caractérisent par une adaptabilité résultant d'une confrontation constante avec le milieu. Dans leurs travaux sur les pratiques des bergers transhumants, MONEYRON (2003) parlent des écosavoirs intégrant la notion d'aléa et construits au cours des interactions avec le milieu. S'ils proviennent

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

de l'expérience, il ne faut pas s'y tromper, ces savoirs restent construits socialement, justement dans les interactions dans les collectifs de pratiques ou avec les conseillers.

Néanmoins, la nature "située" de ces connaissances questionne leur potentielle transférabilité. Cette transmission est un enjeu fondamental pour diffuser l'expérience des agriculteur·rices, mais aussi pour la recherche fondamentale qui nécessite de son côté d'être contextualisée (TOFFOLINI et al. 2017). Deux modes de transmission sont décrits par COMPAGNONE, LAMINE et DUPRÉ (2018), la circulation entre pairs ou par des intermédiaires. Entre pairs les savoirs restent profondément attachés aux individus et au contexte qui a vu leur développement, celui-ci devant être donné lors de la diffusion. Les dynamiques de diffusion de connaissance directe existent par exemple en agriculture biologique ou de conservation via des groupes de pairs partageant leurs expériences (GOULET et VINCK 2012). A l'inverse, les tentatives de montée en généralité se confrontent au fait qu'un savoir "pratique" ne l'est justement que du fait de l'expérience et de son usage.

Enfin, COMPAGNONE, LAMINE et DUPRÉ (2018) identifient une troisième tension entre l'incorporation des savoirs dans les individus et/ou de leur encapsulation dans des artefacts. Cette tension peut être illustrée par le cas de "l'agriculture de précision", qui génère un grand nombre de données à partir de senseurs. L'encapsulation loge donc la connaissance dans l'objet technique et la rend difficile d'accès pour l'agriculteur·rice. L'incorporation est à l'inverse une montée en compétence individuelle et/ou collective des personnes. L'opposition n'est pas totale entre ces deux formes, l'outil technologique pouvant par exemple être aussi une aide à l'apprentissage. Néanmoins, des collectifs se développent en prenant parti contre une agriculture technologisée d'encapsulation des savoirs, qui limiterait les démarches autonomes des agriculteur·rices. L'objectif n'est pas de se passer de la recherche et de la technologie, mais de mieux comprendre les processus permettant aux agriculteur·rices de gagner en "capabilité", c'est-à-dire au sens de SEN (1992) d'augmenter ses capacités d'actions potentiellement réalisables.

L'enjeu soulevé par la remise en question environnementale de l'agriculture intensive est donc aussi celui de la production et de la diffusion des connaissances. Ces questions ont une importante dimension politique car elles ramènent aussi à des rapports de pouvoir-savoir entre les organisations et les individus.

Conclusion du chapitre 1

Tout au long de ce chapitre nous avons caractérisé l'agriculture intensive, techniquement mais aussi socialement, décrivant les réseaux de pratiques et d'organisations ayant participé à son développement et participant encore à son maintien. Nous avons également pointé comment celle-ci concourt à la dégradation environnementale et à la crise de la biodiversité. Sous-jacent à ces constats, nous avons pu déceler l'enjeu de

1. Intégrer la biodiversité dans les pratiques de l'agriculture intensive : un défi socio-technique

la production de nouveaux savoirs pour accompagner l'écologisation des pratiques. Il s'agit en effet de réintroduire des savoirs sur la biodiversité et la variation du vivant, mis de côté dans l'agronomie moderne. Or, la contingence de ces savoirs et la difficulté de généralisation remettent également en cause le modèle "diffusionniste" classique de production des connaissances, sans néanmoins qu'un autre modèle émerge seul. Cela s'illustre par la multitude des alternatives développées, chacune proposant des modes de rapports aux savoirs différents, plus ou moins compatibles avec le régime dominant. Or, notre objet principal d'étude, l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB), est un programme de science participative d'observation de la biodiversité agricole. Il vise à produire des connaissances sur la biodiversité agricole et ainsi à participer à l'écologisation des pratiques agricoles en précisant les liens entre biodiversité et pratiques agricoles. Il s'inscrit donc dans cet enjeu de renouvellement des savoirs et de leurs modes de production. Par ailleurs, en produisant et agrégeant d'une part des informations sur la biodiversité des parcelles à l'échelle nationale, et en mobilisant d'autre part directement les agriculteur·rices dans l'observation, il propose différents modes de production des savoirs plus ou moins originaux qu'il nous faudra explorer au cours de ces travaux.

2 L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques ?

Dans ce chapitre nous présenterons l'objet principal d'étude des travaux de thèse, l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB), un programme de sciences participatives proposant aux exploitants agricoles d'observer la biodiversité de leurs parcelles. Nous commencerons par revenir rapidement sur l'apport des sciences participatives dans le suivi et la protection de la biodiversité, que ce soit à travers la production de données à des échelles spatiales et temporelles importantes mais aussi par les apprentissages suscités chez les participants. Puis, nous détaillerons le fonctionnement de l'OAB, ses objectifs et en quoi ce dernier peut être considéré comme un outil d'action publique. Cela nous amènera à détailler les questions de recherche qui animeront ces travaux.

2.1 Les sciences participatives, productrices de données sur la biodiversité et vectrices d'apprentissages

Le rapport de HOUILLER et MERILHOU-GOUDARD (2016) définit les sciences participatives comme les "*formes de production de connaissances scientifiques auxquelles des acteurs non-scientifiques professionnels, qu'il s'agisse d'individus et de groupes, participent de façon active et délibérée*". C'est une définition large qui peut recouvrir un grand nombre d'activités différentes. Muki Haklay propose quatre niveaux de participations des citoyens dans le processus scientifique : le *crowdsourcing* (citoyen capteur de données), l'*intelligence distribuée* (interprétation des données), la *science participative* (définition du problème et collecte de données) et la *collaboration complète* (HAKLAY 2015). Le rapport de HOUILLER et MERILHOU-GOUDARD (2016) distingue lui trois grandes familles de sciences participatives. D'une part les *sciences citoyennes* où des citoyens-amateurs participent à la collecte et l'analyse de données, afin de produire des connaissances et d'ouvrir la méthode scientifique aux participants. Puis la *community based research* est une collaboration entre les chercheurs et un collectif

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

pour diagnostiquer et résoudre un problème qui les affecte, le but est de produire des connaissances actionnables et de faire monter en capacité les participants. Enfin la *recherche participative* est une collaboration entre les chercheurs et des groupes de citoyens ou de professionnels pour résoudre des problèmes, le tout dans une perspective d'innovation et de transformation sociale, de contribution à des défis sociaux ou scientifiques.

Pierre-Benoit JOLY (2020) propose de considérer la recherche citoyenne comme un champ d'action émergent et hybride entre ce qu'il nomme la recherche scientifique et la recherche industrielle. Elle se caractérise par les groupes concernés, ses productions et critères d'évaluations propres (par exemple la montée en capacité des participants) mais aussi ses références symboliques et déviances possibles (figure 2.1). Sa notion de recherche participative rejoint celle du rapport de HOUILLER et MERILHOU-GOUDARD (2016) en tant qu'interaction entre les recherches scientifiques et recherches citoyennes.

	Recherche scientifique	Recherche industrielle	Recherche citoyenne
		En collaboration avec la recherche scientifique : recherche partenariale	En collaboration avec la recherche scientifique : recherche participative
Acteurs	Chercheurs, laboratoires scientifiques, organismes de recherche	Chercheurs, laboratoires industriels	Groupes concernés, Chercheurs? Organismes de recherche?
Productions	Connaissances universelles	Savoirs actionnables, innovation marchande	Savoirs actionnables, innovation sociale, <i>empowerment</i>
Critères d'évaluation	Falsifiabilité, standards de preuve	Preuve de concept, efficacité, appropriabilité	Résolution du problème, empowerment
Épreuve	Publication, évaluation par les pairs	Brevet, autorisation de mise sur le marché, mise en œuvre, passage à l'échelle, acceptabilité	Adoption locale, généralisation
Référentiel symbolique	Normes mertoniennes CUDOS : communalisme, universalisme...	Marché, efficacité	Bien commun, justice épistémique, pertinence sociale
Déviance	Fraude, mauvaise conduite, plagiat	Capture réglementaire	Capture de la connaissance, instrumentalisation, infox

FIGURE 2.1. – Résumé des caractéristiques des champs de recherche scientifiques, industrielles et citoyennes (JOLY 2020). Selon FLIGSTEIN et MCADAM (2012) : "Les acteurs appartenant à un champ donné ont une compréhension partagée des enjeux et des finalités du champ, des relations avec les autres champs et des règles propres au champ qui gouvernent l'action légitime".

Cette classification illustre la variété des collaborations entre chercheurs et d'autres acteurs. Celles-ci ne présentent pas les mêmes objectifs, les mêmes défauts ou les mêmes critères d'évaluation et ne vont donc pas produire les mêmes effets sur la

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

société.

2.1.1 Les sciences participatives pourvoyeuses de données pour le suivi de la biodiversité

Les sciences participatives ont eu un grand essor dans le domaine environnemental, à la fois par le besoin en données coûteuses à récolter et par l'intérêt citoyen suscité par ces problématiques. En effet face au besoin croissant de données dans l'optique des produire des indicateurs de suivi de la biodiversité, elles sont apparues comme un moyen efficace et économique de récolter des données à large échelle spatiale et temporelle (LEVREL et al. 2010). Les observations conservent toutefois une rigueur scientifique et une fiabilité acceptable (MCKINLEY et al. 2017), pouvant ainsi informer les débats et les décisions publics (COUVET et al. 2008). Ainsi, de nombreux programmes de sciences citoyennes ont vu le jour afin d'accompagner l'observation de la biodiversité par des citoyens. L'initiative Vigie-Nature, dont l'OAB fait partie, a l'ambition grâce à ces réseaux de volontaires, de collecter les données nécessaires pour décrire les mécanismes de réponse de la biodiversité aux changements à l'échelle de la France (JULLIARD 2017). Cette démocratisation de la pratique naturaliste est aussi facilitée par l'arrivée de nombreux outils numériques : photographie, site d'envoi des données, plateformes d'échanges, capteurs automatiques, etc.

Ces programmes reposent sur l'engagement des participants, soutenu par une composition de motivations : compréhension scientifique du projet, sentiment d'être nécessaire au projet, plaisir à participer (équilibre entre rigueur et simplicité, apprentissage), etc., (GEOGHEGAN et al. 2016; JULLIARD 2014). Au-delà de la production de données, ils ont aussi l'ambition de renforcer l'engagement des participants dans la protection de la biodiversité par la sensibilisation, l'apport de connaissance et en créant des synergies entre protagonistes (MCKINLEY et al. 2017). Néanmoins, leur fonctionnement sous une forme essentiellement de science citoyenne, où les participants font surtout de la collecte de données, interroge leur capacité à modifier la relation scientifique-citoyen, bien qu'évidemment il faille généralement une réflexion au cas par cas.

2.1.2 Les sciences participatives, moteurs d'innovations et de sensibilisation

Malgré les volontés et les discours, il est encore difficile d'évaluer la capacité des programmes de sciences participatives à engager des changements chez les participants (CRALL et al. 2013; DEAN et al. 2018), même si des exemples positifs existent, renforçant l'intuition sur l'apport de ces programmes (DEGUINES et al. 2020; LEWANDOWSKI et OBERHAUSER 2017).

Dans le cadre agricole, les méthodes participatives sont aussi envisagées comme

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

des vecteurs originaux de développement d'innovation en co-construction avec les agriculteur·rices. En effet, d'un modèle de diffusion de l'innovation de la R&D vers les agriculteur·rices, en passant par la compréhension du réseau socio-technique autour de l'innovation (sociologie de la traduction, CALLON 1986; GOULET et VINCK 2012), les théories sociologiques plus récentes se focalisent sur les développements d'innovation pour et par les usagers, afin de capter leurs savoirs et d'orienter l'innovation en fonction de leurs usages. Ces *innovations ouvertes* renforcent les réseaux et échanges entre les concepteurs et praticiens. L'atelier paysan¹ qui accompagne les agriculteur·rices dans la conception de machines et bâtiments adaptés et open-source (CHANCE et MEYER 2017), ou le Réseau Semences Paysannes² qui organise une sélection génétique participative des semences (BONNEUIL et E. DEMEULENAERE 2007; É. DEMEULENAERE et GOLDRINGER 2017) en sont de bons exemples. Le Réseau Semences Paysannes en associant agriculteur·rices et chercheurs en génétique est un cas intéressant de recherche participative. La dynamique provient des agriculteur·rices et l'ensemble des travaux est imbibé d'efforts de co-construction, afin de concilier les contraintes et les besoins des agriculteur·rices avec les méthodes scientifiques. É. DEMEULENAERE et GOLDRINGER (2017) illustrent cette co-construction à travers l'évaluation dans les fermes des nouvelles populations créées, les agriculteur·rices ne souhaitant pas répéter le dispositif classique des stations expérimentales, car ce dernier demandait trop de répétitions et donc était gourmand en surface. Après un ou deux ans de tâtonnements, un compromis a été trouvé avec l'optimisation de quelques témoins répétés et le développement de nouvelles méthodes statistiques adaptées. Par ailleurs dans une récente synthèse, van de GEVEL, van ETTEN et DETERDING (2020) expliquent la difficulté d'amplification de la recherche participative en agriculture en partie par le fonctionnement institutionnel de la science, le travail de co-construction n'étant pas si simple et les processus de collaboration encore peu étudiés. Les auteurs voient eux dans les sciences citoyennes une manière d'élargir le champ d'interaction agriculteur·rices-scientifiques et de redonner de l'élan au démarche participative.

Nous avons vu que la transition agroécologique appelait à repenser la production des connaissances agronomiques. L'agroécologie ouvre la voie à des processus d'innovations ouvertes (MEYNARD et JEUFFROY 2021), des méthodes de conception participative (MEYNARD, JEUFFROY et al. 2017), à l'échelle de la parcelle et du territoire (BERTHET, SEGRESTIN et WEIL 2018), ou à des expérimentations directement dans les exploitations (GABA et BRETAGNOLLE 2020). L'étude de l'OAB comme programme de sciences participatives auprès des agriculteur·rices nous demandera de penser son intégration dans ces mouvements de re-conception de la production de connaissances.

1. <https://www.latelierpaysan.org/>

2. <https://www.semencespaysannes.org/>

2.2 L'OAB : un programme pour mieux connaître la biodiversité agricole et donner des capacités d'actions aux agriculteur·rices

2.2.1 Un observatoire national de la biodiversité agricole

L'Observatoire Agricole de la Biodiversité est né d'une volonté de suivi de la biodiversité agricole à l'échelle française. Cette ambition se dessine dans un contexte de reconnaissance politique des enjeux de la biodiversité à travers par exemple le Grenelle de l'Environnement de 2007 et le développement de la Stratégie National pour la Biodiversité en 2010. Cette légitimation s'accompagne d'une volonté de production d'indicateurs de suivi, afin d'alimenter la prise de décision publique (LEVREL 2007). Le rapport d'étude préliminaire ajouta une dimension participative au projet (PREUD'HOMME 2009), les sciences citoyennes acquérant également une légitimité dans la production des jeux de données rigoureux pour suivre la biodiversité (COUVET et al. 2008). Après une phase test en 2010, l'OAB est officiellement lancé en 2011. Ses objectifs sont doubles : d'une part renseigner une base de données destinée aux scientifiques, permettant de tracer les tendances globales à long terme de la biodiversité ordinaire en milieu agricole; d'autre part sensibiliser et accompagner les parties prenantes locales impliquées dans une trajectoire d'amélioration des pratiques agricoles³.

L'Observatoire a pour particularité de mobiliser une animation à deux échelles spatiales. L'animation nationale est tripartite : le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation à l'initiative de l'OAB apporte un soutien financier mais aussi politique au sein des instances publiques et auprès des "têtes de réseaux" d'organismes partenaires (LPO, coopératives, fédérations de chasse, etc.); le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) assure l'animation du réseau, la gestion de la base de données et les études scientifiques; l'Association Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) est également en soutien à l'animation, en particulier pour le déploiement de l'OAB au sein des chambres d'agricultures. Sur les territoires, l'OAB repose sur des animateur·rices locaux, généralement des conseiller·ère·s ou chargé·e·s de mission d'organismes très variés (associations naturalistes, fédération de chasse, chambres d'agricultures, coopératives, CIVAM, intercommunalité, etc.) qui s'emparent de l'OAB comme outil d'animation auprès des agriculteur·rices et les accompagnent dans la réalisation des protocoles, l'interprétation et l'envoi des données (figure 2.2). Le temps et le niveau d'investissement consacrés à l'OAB varient d'un cas à l'autre en fonction des dynamiques territoriales et de l'intégration de l'OAB dans d'autres dispositifs locaux. Ainsi, bien que le programme soit national, chaque réseau local a sa dynamique et ses objectifs propres. Par ailleurs, l'animation d'un réseau local est ouverte à toute

3. Vigie Nature "Observatoire Agricole de la Biodiversité" (<http://www.vigienature.fr/fr/agriculteurs>)

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

personne motivée et en contact avec un panel d'agriculteur-rices. La diversité des animations locales engendre ainsi une diversité des agriculteur-rices investi-e-s dans l'OAB. De ce fait, le pourcentage d'agriculteur-rices en production biologique est de 20% (supérieur au taux national de 7,5%) mais avec une augmentation de 16% entre 2011 et 2017, ce qui est comparable au reste du territoire⁴. Enfin, la participation est sans engagement, non rémunérée et sur la base du volontariat. Presque 1500 agriculteur-rices ont participé depuis 2011, inscrivant pas loin de 3000 parcelles dans l'observatoire⁵.



FIGURE 2.2. – Carte des réseaux locaux de l'OAB ayant participé entre 2011 et 2018

Les observations se font quel que soit le type de production agricole (grande culture, prairie, viticulture, arboriculture, maraîchage). Les réseaux locaux sont primordiaux pour la mobilisation territoriale des agriculteur-rices et leur accompagnement. Deux

4. Agence pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique, *Les chiffres clés de l'agriculture biologique en 2017*

5. <https://www.observatoire-agricole-biodiversite.fr/>

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

formations par an sont organisées par l'animation nationale et des bilans et newsletters sont régulièrement communiqués⁶.

2.2.2 Les protocoles d'observation de la biodiversité

L'OAB propose cinq protocoles d'observation de la biodiversité agricole. Chaque groupe a été choisi en fonction de la possibilité de réaliser un protocole simple et accessible à tous mais également afin de tisser des liens avec les services rendus par la biodiversité (PREUD'HOMME 2009). Ainsi, les abeilles solitaires sont primordiales au service de pollinisation (S. G. POTTS et al. 2016), les papillons sont des indicateurs de changement d'usage du sol à l'échelle paysagère (NILSSON, FRANZEN et PETTERSSON 2013), les vers de terres interviennent dans la fertilité du sol (LEMTIRI et al. 2014), les invertébrés du sol sont de potentiels ravageurs comme les mollusques ou des auxiliaires comme les carabes (KROMP 1999; SYMONDSON, SUNDERLAND et GREENSTONE 2002) et les chauves-souris sont des auxiliaires très efficaces pour réguler des populations d'insectes ravageurs (BOYLES et al. 2011).

Les protocoles sont simples mais standardisés. Ils nécessitent peu de matériel et l'identification des espèces ou groupes d'espèces est simplifiée. Le protocole des abeilles solitaires consiste en deux nichoirs composés chacun de 32 tubes en carton. Les deux nichoirs sont disposés en bordure de parcelle, à 5m l'un de l'autre et orientés vers le Sud. Tous les mois à partir de février, les participants observent les types d'opercules bouchant les tubes et le matériau utilisé par l'abeille (terre, feuilles mâchées, etc.) (figure 2.3).

Pour l'observation des invertébrés du sol, ce sont trois planches en bois (d'une essence neutre comme le peuplier ou le hêtre) qui sont posées, deux en bordure de la parcelle et une au centre à 50m des deux autres. Une fois par mois également, l'observation se fait en soulevant la planche. Les participants identifient certains invertébrés courants (cloportes, mille-pattes...), des carabes faciles à reconnaître (grand carabe doré et grand carabe noir) ou classés par taille et enfin les limaces et escargots accrochés à la planche (avec une aide à l'identification plus détaillée) (figure 2.4).

L'observation des papillons a lieu en bordure de parcelle trois à cinq fois par an sur un transect de 10min la première fois, puis de la même longueur lors des répétitions (100-300m). L'observateur note les papillons volant dans un cube de 5m x 5m x 5m autour de lui. Les espèces les plus faciles à reconnaître sont identifiées, les autres sont regroupées en grands groupes (par exemple les Lycènes bleus) (figure 2.5).

L'identification des vers de terre est réalisée aussi par groupes d'espèces, en fonction de leur écologie. Les participants observent en début d'année (période d'activité des vers de terre) trois placettes de 1m² dans la parcelle, sur lesquels ils versent à 15min

6. <https://www.observatoire-agricole-biodiversite.fr/articles>

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

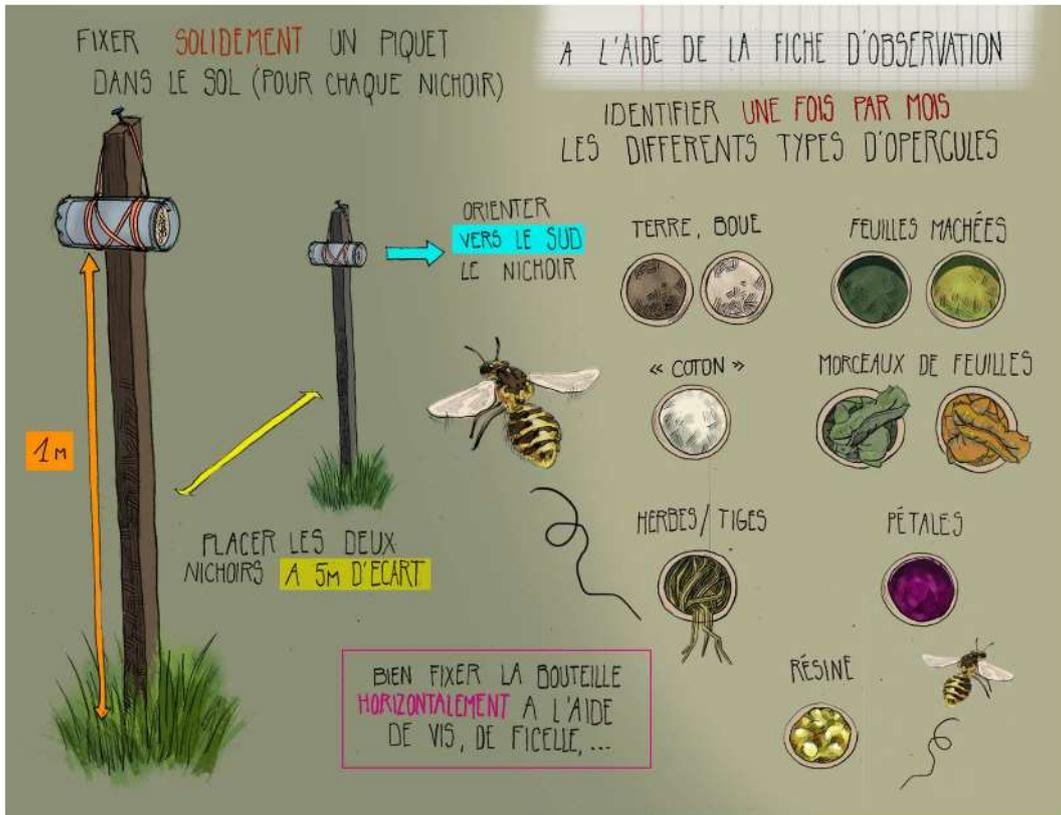


FIGURE 2.3. – Protocole d'observation des abeilles solitaires (©Pauline Bouman).



FIGURE 2.4. – Protocole d'observation des invertébrés terrestres (©Pauline Bouman).

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

d'intervalle deux fois un mélange de 10L d'eau avec 150g de moutarde AMORA fine et forte commerciale (figure 2.6). Le mélange irrite les lombrics qui remontent à la surface. Ces derniers sont séparés en 4 groupes : les épigés de petites tailles, foncés et vivant à la surface, les endogés petits également mais peu pigmentés car vivant en profondeur dans des galeries horizontales et les anéciques à tête rouge et noir, de grande taille et vivant dans des galeries verticales (figure 2.7).

Enfin, le dernier protocole introduit récemment dans l'OAB offre la possibilité d'enregistrer ultrasons émis par les chauves-souris. Un enregistreur est déposé pour la nuit à 1m de hauteur et à au moins 50m des bordures. Un traitement automatique permet ensuite d'identifier les espèces enregistrées, sur la base du signal ultrasonore (figure 2.8).

Conjointement aux observations, les participants renseignent des informations sur le paysage autour des parcelles (types de bordures, milieux adjacents, éléments particuliers, etc.) ainsi que sur leurs pratiques (nombre de passages en pesticides, en fertilisation, travail du sol, gestion des prairies, enherbement des rangs, etc.).

2.2.3 Interroger le fonctionnement de l'OAB et son intégration à l'écologisation des pratiques

L'OAB ambitionne de produire de la connaissance sur la biodiversité afin de l'intégrer aux savoirs agronomiques. Mais reconnaissant que chaque contexte agronomique a ses particularités, ce qui invite à diversifier les situations d'observations, il s'appuie sur des volontaires et cherche à développer des connaissances à différents niveaux, de la recherche aux participants. Cette démarche est novatrice car elle produit de nouveaux savoirs sur la biodiversité, encore peu considérée dans l'agriculture intensive, et elle donne également une place importante aux praticiens dans la production des connaissances.

Néanmoins, l'OAB n'est pas isolé, il a pour but de dialoguer, échanger, s'insérer dans les pratiques dominantes. Or comme l'énonçait l'historien Bertrand Gilles, un système technique moderne naît à partir d'une base de connaissances mais façonne ensuite celles dont il a besoin, il "*crée la science qui lui est nécessaire*" (GILLE 1978). Cela questionne donc la capacité de l'OAB à être une source de renouvellement. C'est dans cet espace d'échange et de transformation que nous voulons interroger l'OAB :

- i Quelles connaissances produit-il? Comment s'insèrent-elles ou modifient-elles les pratiques existantes?
- ii Comment ces savoirs sont créés? Dans quelles organisations? Comment l'OAB est-il transformé dans l'activité de ces organisations?

Afin de répondre à ces questionnements, nous avons mobilisé deux disciplines, l'éco-

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

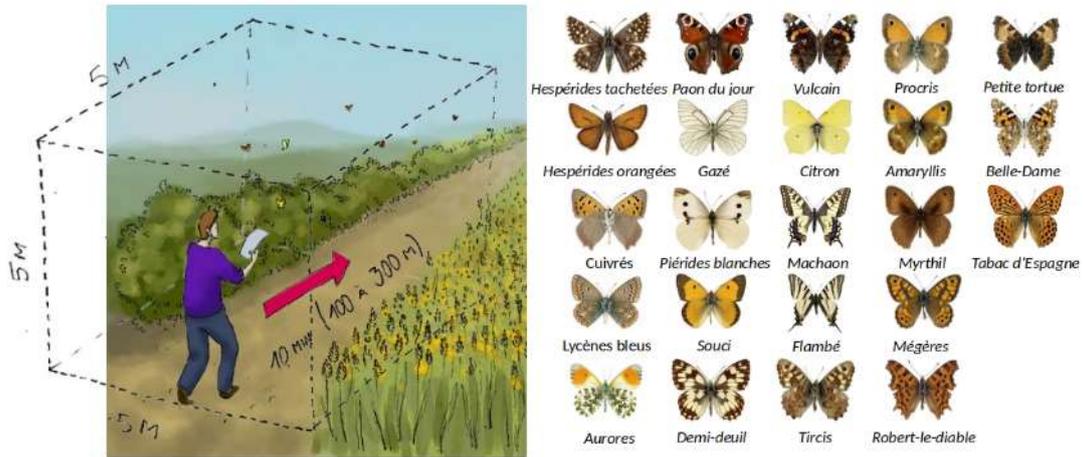


FIGURE 2.5. – Transect papillons et les espèces identifiées (©Pauline Bouman).



FIGURE 2.6. – Protocole d'observation des vers de terre (©Pauline Bouman).

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

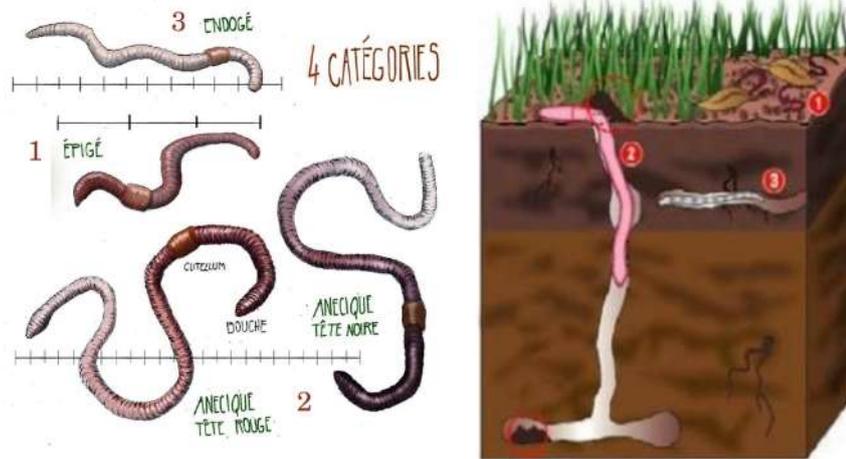


FIGURE 2.7. – Groupes d'espèces de vers de terre (©Pauline Bouman) en fonction de leur mode de vie (©Daniel Cluzeau). 1) Epigés 2) Anéciques à tête rouge et Anéciques à tête noire 3) Endogés.

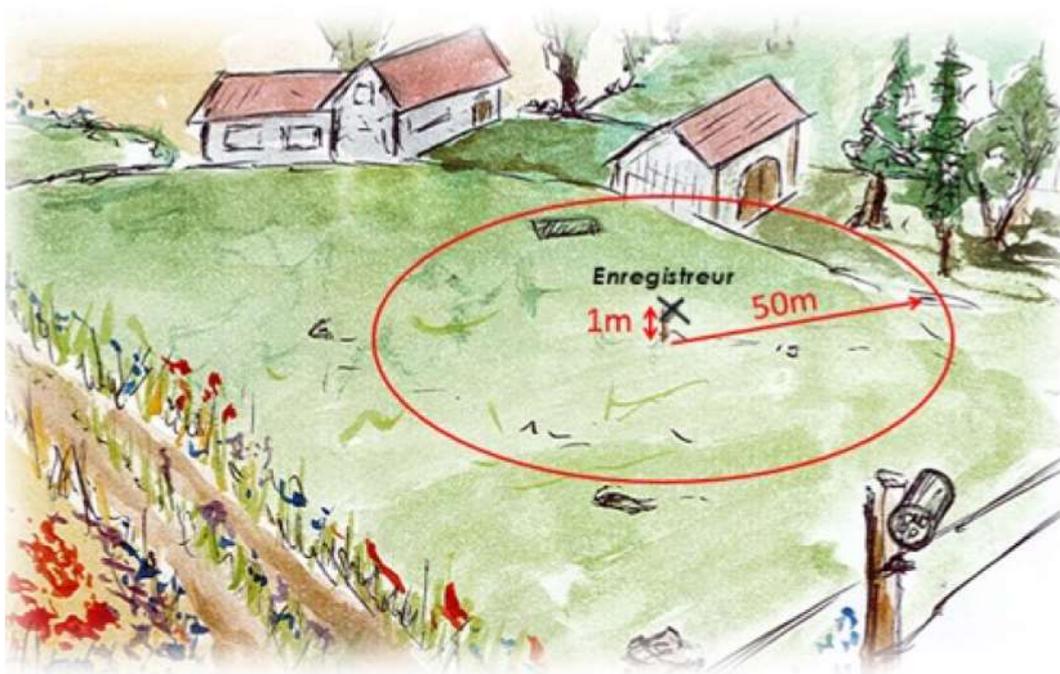


FIGURE 2.8. – Protocole d'enregistrement des chiroptères (©Nicolas Lepreux).

logie scientifique et les sciences de gestion.

2.3 A la croisée des mondes : entre écologie et sciences de gestion

Avant de présenter nos cadres d'étude de l'OAB, nous revenons sur la démarche de ces travaux qui allient écologie et sciences de gestion. Nous commencerons par décrire ces disciplines afin de justifier cette alliance et d'explicitier ses apports.

2.3.1 L'écologie, science de l'habitat

L'écologie est l'étude des relations que les organismes entretiennent les uns avec les autres et avec leur environnement. Elle s'emploie à étudier un vaste ensemble de phénomènes (nous avons par exemple vu en chapitre 1 la pluralité des manières de mesurer la biodiversité) et se divise en sous-disciplines spécialisées selon l'échelle d'étude ou l'angle d'analyse. Ainsi, l'écologie des populations étudie les groupes d'individus de la même espèce vivant ensemble sur un territoire, l'écologie des communautés étudie des groupes d'espèces différentes et leurs interactions, et l'écologie des écosystèmes étudie les ensembles formés de ces communautés et de leur environnement. étudiant différents groupes d'espèces des milieux agricoles, nos travaux s'inscrivent principalement dans l'écologie des communautés. Par ailleurs, s'ajoutent également les différents angles d'analyse. Par exemple, la biologie évolutive cherche à comprendre les scénarios et mécanismes de l'évolution des espèces; l'écologie fonctionnelle se concentre sur les flux de matière et d'énergie qu'elle essaye d'approcher en étudiant les caractéristiques physiologiques, morphologiques, reproductives ou comportementales (par exemple le régime alimentaire) des espèces, appelées traits fonctionnels; ou enfin la biologie de la conservation s'est développée en réponse aux enjeux de préservation de la biodiversité et cherche à étudier les impacts des activités humaines sur les espèces, les communautés et les écosystèmes pour développer des approches pratiques de protection et de restauration de l'environnement. La biologie de la conservation se décrit ainsi comme une "discipline de crise", une "science transformative" productrice de savoir mais également actrice de la gestion des écosystèmes, dans le but assumé de réduire la perte de biodiversité. Cette volonté d'action dans la société explique l'intégration progressive des sciences sociales dans ses travaux, définissant maintenant les "*sciences de la conservation*". Les travaux interdisciplinaires se multiplient, majoritairement avec les anthropologues et ethnologues au départ (MATHEVET 2010). La collaboration dans ces travaux de thèse entre les sciences de la conservation et les sciences de gestion s'inscrit dans cette dynamique. Si l'écologie est conceptuellement équipée pour analyser les relations entre la biodiversité et les pratiques agricoles, elle reste désarmée face aux questions de changements de pratiques dans les organisations agricoles. C'est précisément le cœur des sciences de gestion qui sont outillées pour mieux comprendre les actions collectives. L'étude d'un dispositif comme l'OAB qui cherche à produire des connaissances écologiques pour encourager

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

des changements de pratiques est donc propice à l'alliance de ces deux disciplines. Enfin, écologie et sciences de gestion sont par ailleurs confrontées de manière similaire à des objets de grande complexité : écosystèmes et organisations sont parcourus de propriétés émergentes, de réseaux d'interactions, etc. Leurs théories respectives sont ainsi susceptibles de s'inspirer mutuellement.

2.3.2 Les sciences de gestion : vers une théorie de l'action collective

De leur côté les sciences de gestion développent une théorie réflexive de l'action collective voulant échapper aux métaphysiques de l'action (HATCHUEL 2012), c'est-à-dire éviter de mobiliser des théories de l'action se résumant à un principe ou un sujet totalisant, dont on ne sait ni comment ils sont mobilisés (par qui? où? comment?), ni expliquer les capacités nécessaires à leurs actions. Pour penser nos actions nous devons opérer des réductions et restrictions, cela nous permet de décrire nos actions et d'apprendre. Pour être cohérentes, il faut néanmoins espérer que ces restrictions soient compatibles avec le savoir des autres et avec nos relations avec autrui. Cette rationalisation est donc forcément imparfaite. On distingue alors deux types de théories (HATCHUEL 2012). D'une part les "*théories métaphysiques de l'action collective*" ne reconnaissent pas le caractère inachevé de cette rationalisation et confondent l'action avec le récit de l'action. Les collectifs qui reposent sur l'affirmation de valeurs immuables et éternelles (la famille, l'état, certaines communautés...) s'appuient en partie sur de telles théories. D'autre part les "*théories axiomatiques de l'action collective*" reconnaissent que les rationalisations derrière l'action collective sont relatives (car proposées par certains individus) et provisoires (elles devront être révisées). Le mythe de rationalisation peut catalyser l'action mais ne se confond plus avec elle. Les sciences de gestion étudient ainsi les rationalisations du monde permettant l'action collective et considérées comme des "*mythes rationnels*", pouvant être révisés et modifiés dans des apprentissages collectifs :

"l'action collective n'est donc pas un récit ou une narration : elle est le processus de construction conjointe des savoirs et des relations par lequel les narrations deviennent possibles et se transforment dans l'action. Les contes et légendes n'existent que dans les civilisations où chacun sait et accepte de l'autre qu'il utilise des fictions. Ailleurs, les contes sont des mythes qui se confondent avec l'action qu'ils relatent. Les théories axiomatiques de l'action collective invitent à reconnaître une forme différente de mythe : nous les appelons des mythes rationnels. On peut les définir comme la classe des récits qui peuvent être révisés par celui qui les produit ou par quelqu'un d'autre dans le cadre de relations pensables et possibles." (HATCHUEL 2012, p.57).

Par exemple, la notion de "projet" peut-être discutée de cette manière (HATCHUEL 2005). Le terme a pris une importance dans les sociétés et organisations, en conservant cependant des formes proches des questionnements traditionnels de gestion de projet (pour la réalisation d'ouvrage par exemple) qui s'accompagnent d'un ensemble d'instruments et de rapports de prescription anciens et élaborés (maître d'ouvrage

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

et maître d'œuvre, les devis, les coordonnateurs...). Mais la notion de projet doit être redéfinie en fonction des conditions d'innovation collective contemporaine, sous peine d'être à son tour une métaphysique de l'action. Les recherches en conception ont travaillé à renouveler l'idée de projet, démontrant le travail d'invention et d'intelligence collective, au-delà des rapports de prescriptions classiques. Ainsi, la révision des concepts initiaux d'un projet est à l'origine d'une rationalité collective mobilisant des idées pour générer de nouveaux réels qui deviendront ensuite les bases d'une nouvelle action collective. Il faut donc penser une action collective suffisamment réflexive pour que les objectifs poursuivis et les acteurs concernés puissent évoluer ensemble. Sur un autre registre, pour donner un autre exemple, les notions de commandements et de hiérarchie n'ont pas de définitions universelles, elles seraient sinon des métaphysique de l'action. Au lieu de chercher ces critères universels ("qu'est-ce qu'un chef?"), il vaudrait mieux dans une optique de recherche en gestion se demander comment nous pourrions étudier une activité de commandement et reconnaître de nouvelles formes de commandement.

Ainsi, les sciences de gestion permettent une prise de recul sur nos actions et de questionner leurs places dans les dynamiques organisationnelles. Elles aident à réfléchir à l'échelon de l'organisation, non comme la somme des individus la composant mais comme une entité à part entière, pétrie d'allégations managériales nécessitant d'être interrogées (Encadré 3) et sur laquelle les individus n'ont qu'une influence mineure (MACLOUF 2020). Sans prendre en compte ces entités qui peuplent notre économie et qu'il nous faut mieux comprendre, notre recherche compulsive de solutions risque de nous enfermer dans une illusion de contrôle et d'amélioration des problèmes environnementaux. Questionner ces solutions à travers leur intégration organisationnelle et les mythes rationnels sous-jacents à leur fonctionnement est indispensable pour répondre aux enjeux environnementaux actuels.

Encadré 3 : Nos organisations industrielles, des entités omniprésentes mais non contrôlées?

Pour comprendre cette idée développée par Étienne MACLOUF (2020), il faut repartir de la notion de performativité, à savoir la capacité de nos énoncés à ne pas seulement décrire la réalité mais à la produire. L'exemple classique est, dans un contexte approprié, la formule "*le jury déclare l'accusé coupable*". Mais nos activités et théories scientifiques contribuent également à façonner le monde. Nous avons notamment organisé nos relations humaines sous formes de marché du travail (malgré l'abstraction initiale de ce concept) ou encore rationalisé notre vision de la performance agronomique en nous basant sur une idée particulière du progrès génétique, centrée sur l'uniformisation. Nos organisations sont pétries de ces énoncés techniques et managériaux qui performant avant même d'être appuyés empiriquement

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

Par ailleurs, la question de l'articulation entre individus et organisations est un sujet complexe soumis à de vifs débats. Sans rentrer dans les détails des différentes écoles, restons sur l'idée principale qu'il faut articuler deux autonomies, celle des organisations et celle des individus, chacune n'étant pas totalement déterminée par l'autre. Or nous avons rendu ces organisations de plus en plus complexes, autonomes et outillées pour nous discipliner. Les instruments de planification, de mesure et de standardisation cadrent nos activités. Les outils cognitifs (marketing, gestion de projet, stratégie...) renforcent les capacités d'assujettissement et de manipulation sous couvert de gestion plus humaine. Enfin, nous pensons maintenant les organisations comme des entités biologiques en constante "évolution" (innovations), reconcevant par la même occasion notre vision de l'individu, devenu ressource flexible pour l'organisation.

Partir de ce paradoxe d'organisations mues par les individus mais pourtant autonomes amène à reconsidérer nos promesses modernes d'emprise sur l'environnement. Notre paradigme rationaliste s'appuie en effet sur la capacité à prédire les conséquences futures de nos décisions techniques et managériales. La reconceptualisation des organisations (et en sous-jacent de nos réelles capacités d'action) proposée nous oblige à porter un regard plus humble sur nos réponses actuelles au défi écologique et à maintenir un questionnement permanent sur leurs effets.

L'Observatoire Agricole de la Biodiversité est une de ces solutions, censée participer à la prise en compte de la biodiversité dans les pratiques et politiques publiques agricoles. L'OAB est lui aussi parcouru par des rationalisations sous-jacentes à son fonctionnement collectif et ses objectifs : son modèle de production de savoir écologique, la diffusion des connaissances, le rôle de la sensibilisation dans les changements de pratiques, etc. Comme outil il va s'introduire dans nos organisations avec des conséquences indéterminées : quels seront les mécanismes d'intégration ? Avec quels effets sur son fonctionnement ? Pour quels apprentissages ? Comment nourrit-il au final les approches intégrant la biodiversité aux pratiques agricole ? Etc.

Ainsi, en combinant d'une part l'étude écologique des données et d'autre part une enquête auprès des participants et des animateur·rices, nous avons voulu interroger les mythes qui fondent la "solution OAB". Nous avons commencé par analyser statistiquement les données récoltées dans le cadre de l'OAB afin de mettre en évidence d'éventuelles corrélations entre la présence des groupes d'espèces étudiés et certaines pratiques agricoles. Puis afin de questionner le rôle de ces connaissances et de l'OAB auprès des participants nous avons choisi de le considérer sous l'angle des outils de gestion.

2.4 Apports des données de l'OAB : intégrer une dimension temporelle aux liens agriculture-biodiversité

Démarré en 2011, l'OAB a permis de récolter une large quantité de données sur la biodiversité agricole, les pratiques agronomiques, le tout sur des échelles spatiales et temporelles conséquentes. La volonté de valorisation de ces données répond aux besoins de leurs apporter du sens, à la fois scientifiquement mais aussi en tant qu'indicateurs pour la gestion nationale et locale.

La base de données de l'OAB offre de nombreuses possibilités d'études statistiques, afin de rechercher des corrélations entre les pratiques agricoles et la biodiversité. Il existe peu de base de données de cette ampleur couplant des informations sur la biodiversité agricole, les pratiques et le paysage. La biodiversité agricole reste encore sous-étudiée (et les données existantes sont souvent disséminées à travers les bases de données) et si les pratiques agricoles sont mieux répertoriées (en particulier à travers les différentes réglementations et obligations de déclaration) l'accès à ces informations est toutefois difficile à obtenir (dispersion parmi un grand nombre d'acteurs, secrets d'informations administratives et industrielles...). L'OAB a donc un potentiel scientifique important pour nous aider à mieux comprendre les liens entre ces trois composantes. La démarche n'est cependant pas évidente. Il faut prendre en compte les limites des données participatives, moins précises et échantillonnées en fonction de l'implication des participants sur le territoire. Les échelles d'étude choisies, spatiale, temporelle et taxonomique sont également primordiales. Nous avons ainsi mené deux études distinctes (figure 2.9), qui seront détaillées précisément en partie II. Ces analyses furent conduites au début des travaux de thèse. Elles sont donc ancrées en écologie (discipline d'origine), peu influencées par l'enquête sociologique réalisée dans un second temps.

Pour une première valorisation statistique de l'OAB, nous avons gardé une échelle d'étude large pour apporter un "bilan" de l'OAB : l'analyse porta sur la France métropolitaine et sur l'abondance totale des différents groupes taxonomiques étudiés, sans différencier les espèces au sein de chaque groupe (figure 2.9A). La motivation écologique fut également d'ajouter une dimension temporelle aux analyses classiquement menées sur les liens entre pratiques agricoles, paysages et biodiversité. Peu d'études intègrent cette dimension temporelle, généralement par manque de données. Elles font donc l'hypothèse de "*space-for-time substitution*"⁷, assumant que la dynamique temporelle des sites peut être négligée et qu'une hétérogénéité spatiale (donc une comparaison d'environnements différents) représente une hétérogénéité des équilibres écologiques (DAMGAARD 2019). Cette hypothèse est pertinente pour étudier les effets de changements environnementaux lents, en comparant différents états du processus de changement. Or elle n'est valide que si les processus d'équilibre écologiques sont suffisamment rapides par rapport aux changements environnementaux, ce qui

7. En l'absence d'une traduction satisfaisante, nous avons préféré garder le terme anglais

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

n'est vraisemblablement pas exact dans des agroécosystèmes, constamment modifiés par les activités anthropiques (JACKSON et BLOIS 2015; KRATZ et al. 2003). Inversement, les études décrivant des tendances temporelles de la biodiversité n'ont pas souvent accès à des informations sur les pratiques agricoles et ne peuvent tester leurs effets. Ce fut par exemple le cas de l'étude médiatisée de HALLMANN, SORG et al. (2017) sur le déclin entre 1989 et 2016 de 75% de la biomasse d'insectes dans les réserves naturelles allemandes, dans laquelle les auteurs ne purent que spéculer sur le rôle des pratiques agricoles par manque de données. Ainsi, peu d'études ont analysé les effets de nos activités agricoles sur la biodiversité en incluant une dimension temporelle. Parmi elles nous pouvons citer les travaux de HALLMANN, FOPPEN et al. (2014) qui relie l'introduction des néonicotinoïdes (insecticides neurotoxiques) aux Pays-Bas à un déclin des oiseaux insectivores. De même SEIBOLD et al. (2019) montrent un déclin général des arthropodes entraîné par l'intensification de l'usage des terres. Nous avons donc focalisé notre première étude sur l'analyse des tendances temporelles de l'abondance des groupes taxonomiques observés (abeilles solitaires, papillons, vers de terre, carabes et mollusques) et l'influence des pratiques et du paysage sur ces tendances (BILLAUD, VERMEERSCH et PORCHER 2020).

Dans un second temps⁸, nous avons voulu approfondir les effets du paysage, celui-ci étant considéré assez grossièrement dans notre première étude. En couplant la base de données de l'OAB avec le Registre Parcellaire Graphique (RPG), qui renseigne sur les cultures en place, nous avons pu étudier l'effet des cultures à floraison massive (colza et tournesol) sur la reproduction des abeilles solitaires (figure 2.9B). L'influence de ces cultures reste en effet ambiguë. Ces dernières fournissent une importante ressource florale, mais sur une fenêtre temporelle généralement assez courte et sont associées à une agriculture intensive. Ainsi, si certaines études montrent un effet positif de cette ressource florale sur la richesse spécifique (DIEKÖTTER, PETER et al. 2014), l'abondance (LE FÉON et al. 2013) et la reproduction (HOLZSCHUH, DORMANN et al. 2013) des abeilles solitaires, d'autres révèlent un rôle négatif (HOLZSCHUH, DAINESE et al. 2016; SHAW et al. 2020). Nous avons donc regardé si la surface de colza et de tournesol autour des nichoirs à abeilles solitaires avait une influence sur l'abondance l'année d'observation (effet direct d'attraction des abeilles) et l'année suivante (effet indirect sur le succès de reproduction).

2.5 L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, un outil de gestion publique

L'objet des prochains paragraphes sera de présenter les outils de gestion ainsi que les fondements théoriques d'analyse qui serviront de base aux travaux.

8. Ces travaux doivent beaucoup à Victor Van Der Meersch qui a prolongé les analyses durant son stage.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

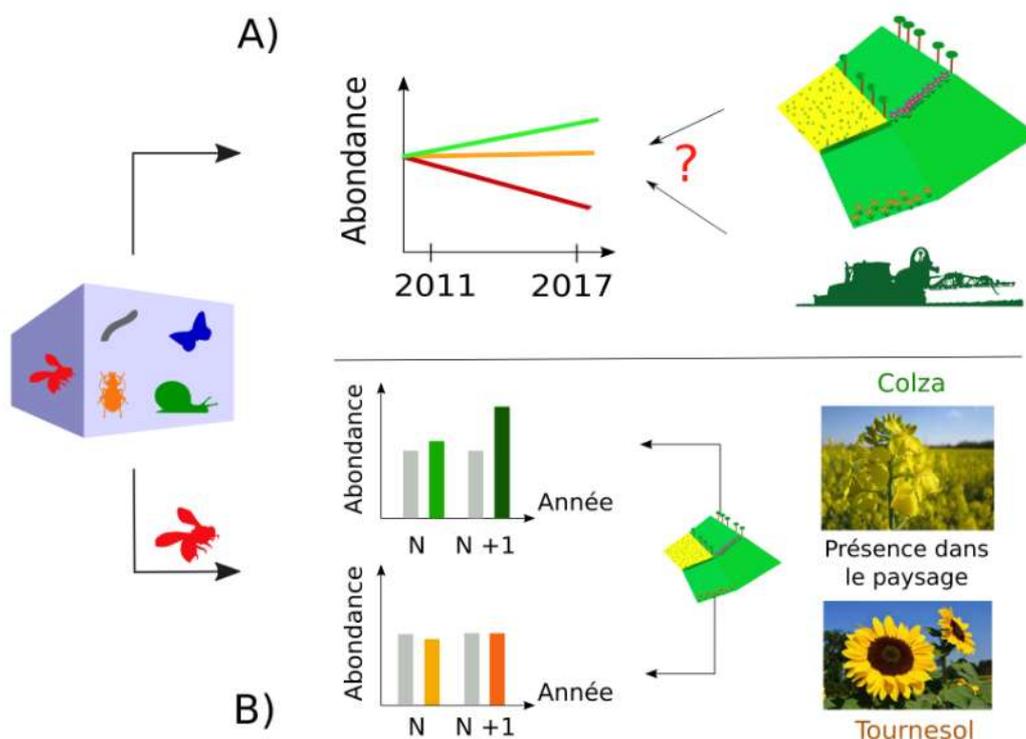


FIGURE 2.9. – Deux études d'écologie menées à partir des données de l'OAB. A) évaluation des tendances temporelles de l'abondance de la biodiversité et des effets des pratiques et du paysage sur ces tendances. B) Analyse de l'influence de la proportion dans le paysage de cultures à floraison massive (colza et tournesol) sur la présence et la reproduction des abeilles solitaires. Les couleurs vertes et oranges symbolisent respectivement les relevés proches des champs de colza et de tournesol alors que les barres grises illustrent les relevés "témoins" sans champ de ces deux cultures dans leur paysage. Photos : ©pixabay.com

2.5.1 La vague de rationalisation moderne : les outils de gestion omniprésents dans nos organisations

Badge de pointage, référentiels de compétences, normes de qualités, tableaux de bords, chartes de bonnes pratiques, etc., tous sont des exemples d'outils de gestion⁹ devenus omniprésents dans nos organisations modernes. Cette effervescence d'outils a accompagné l'émergence de plusieurs disciplines bâties sur un projet de rationalisation normative des organisations : contrôle de gestion, planification stratégique, marketing, organisation scientifique du travail, etc. Les outils de gestion répondent aux besoins de formaliser pour prédire, décider, déléguer et contrôler (AGGERI et

9. Outil, instrument, dispositif, il n'y a pas de dénomination de portée générale et chaque théorie adapte son vocabulaire. De manière générale, nous emploierons le terme "outil" qui a la simplicité d'une représentation collective reconnue, mais nous utiliserons les mots de chaque cadre théorique en les présentant.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

LABATUT 2010). Jean-Claude Moisdon définit ainsi l'outil de gestion comme "*tout schéma de raisonnement reliant de façon formelle un certain nombre de variables issues de l'organisation et destinées à instruire les divers actes de gestion*" (MOISDON 1997). Par ailleurs, l'étude des projets de rationalisation des organisations et du management a caractérisé trois composantes d'un outil de gestion (HATCHUEL et WEIL 1992) : son *substrat technique*, support matériel de l'outil; sa *philosophie gestionnaire* qui est le comportement que l'outil veut promouvoir; enfin sa *vision simplifiée des relations organisationnelles* qui est une représentation schématisée de l'environnement et des individus dont l'outil vise à régler le comportement.

2.5.1.1 Des approches normatives originelles des outils de gestion vers l'intégration du social dans la technique

Influencées par les idéologies de leur époque et dans la perspective du management scientifique du travail, les approches traditionnelles des outils de gestion concevaient les outils essentiellement comme des vecteurs de rationalisation. Néanmoins, elles eurent le mérite de révéler leur importance dans nos organisations. Dans cette approche, parfois qualifiée de "*représentationniste*" (LORINO 2002), l'essentiel est que l'outil produise une représentation symbolique de l'organisation la plus exacte possible. L'objectif est de modéliser le plus fidèlement le réel par le calcul et la mesure, afin d'objectiver l'action et de se substituer à la subjectivité de l'individu. L'outil étant considéré comme neutre, la relation pertinente devient celle de l'outil avec la réalité, et non avec le praticien. Comme l'écrit Philippe Lorino : "*l'outil de gestion transforme l'activité en objet social et économique représentable et mesurable*" (LORINO 2002). Ces discours rationnels seront cependant un peu amendés par la suite. D'une part la théorie de la rationalité limitée de Herbert Simon reconnaît que les comportements des individus sont généralement plus habituels que raisonnés. Il importe alors de pallier cette limite à l'aide de différentes techniques (fixer des routines, division du travail...). D'autre part la théorie de la contingence écarte l'idée du bon outil de gestion dans l'absolu ("*one best way*", celui qui représenterait le mieux la réalité) pour insister sur la nécessaire adaptation des outils à l'environnement et aux situations. Malgré tout, face à l'incertitude et au développement de l'activité de consultant, friande de cette vision normative, l'idée d'un outil rationnel et de l'existence de "*best practices*" à découvrir reste dominante, promettant une certaine prévisibilité rassurante (CHIAPELLO et al. 2013).

C'est avec le développement d'une part des approches socio-techniques qui remettent en lumière les liens entre la technique et le social, et d'autre part des théories comportementales de l'organisation qui accordent une grande place aux individus dans les organisations, que le regard sur les outils de gestion va se renouveler. Les travaux de Michel BERRY (1983) bousculent notre vision de l'organisation en montrant que les outils de gestion constituent un opérateur central susceptible de structurer le réel en-dehors de toute volonté individuelle. Il appelle alors à s'interroger sur la capacité de cette "*technologie invisible*" à induire des comportements automatiques

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

et à construire nos représentations. A titre d'illustration, un individu priorisera dans son activité un petit nombre de paramètres sur lesquels il se sent jugé (généralement via l'outil de gestion) et à l'égard desquelles il adapte logiquement sa pratique. Concomitamment, les outils de gestion commencent à être envisagés non dans une optique normative, mais pour entraîner des apprentissages (AGGERI et LABATUT 2010; MOISDON 1997). Ils s'insèrent dans les processus d'innovation et les démarches d'exploration du réel (DAVID 1998).

Ainsi, bien qu'initialement abordés sous un angle normatif, les travaux sur les outils de gestion réinvitent à analyser l'outil dans son interaction avec le social et l'individu. Nous nous inspirerons de ces logiques socio-techniques et des cadres théoriques qui en proviennent (nous les préciserons plus tard) pour étudier l'OAB.

2.5.1.2 L'OAB comme outil de gestion : perspectives d'analyse

L'Observatoire Agricole de la Biodiversité est issu d'une volonté d'une part de produire des connaissances en vue d'aiguiller la gestion publique de la biodiversité et d'autre part d'engager des apprentissages (individuels et collectifs) afin de faire évoluer les pratiques agronomiques. C'est pourquoi nous l'avons considéré comme un outil de gestion.

Reprenant les définitions et composantes identifiées par HATCHUEL et WEIL (1992), nous pouvons dire que l'OAB propose des supports techniques (protocoles d'observation, fiches supports, application mobile et site internet) afin de renseigner (les pratiques agricoles et le paysage) ou de mesurer (la biodiversité agricole) différentes variables qui pourront être reliées afin d'instruire les décisions de gestion. La philosophie de gestion de l'OAB est la prise en compte de la biodiversité dans les pratiques. Il veut promouvoir l'observation et la connaissance de la biodiversité afin d'interroger les pratiques agricoles et de les adapter. Enfin, l'OAB repose sur une vision organisationnelle complexe, engageant les agriculteur·rices dans l'observation, les animateur·rices locaux dans l'accompagnement, l'aide à l'observation et l'animation des réseaux, les chercheurs dans l'analyse à large échelle des données. Ces trois acteurs sont enfin en relation avec l'animation nationale répartie entre différentes institutions et en interaction également avec d'autres "têtes de réseaux" du monde agricole (syndicats, associations, coopératives, etc.). L'OAB repose donc sur tout un ensemble de relations susceptibles d'avoir un effet sur son utilisation. Nous apercevons la richesse de l'approche par les outils de gestion qui nous permet à la fois d'interroger la technique de l'OAB, son fonctionnement social mais surtout les interdépendances entre les deux.

2.5.1.3 Les dimensions d'analyse des outils de gestion

Trois dimensions doivent être prises en compte pour décrire un outil de gestion (CHIAPELLO et al. 2013) : fonctionnelle, autrement dit son rôle dans l'organisation et

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

sur sa performance, qui va souvent au-delà des fonctions officielles ; structurelle, à savoir en quoi il est fait et sur quoi il s'applique (personnes, choses, actions...) ; enfin processuelle c'est-à-dire comment s'en servir et quelles techniques et opérations mentales utiliser. Cela rejoint les composantes identifiées par HATCHUEL et WEIL (1992) à partir desquelles nous avons décrit l'OAB précédemment.

Dans leur ouvrage, CHIAPELLO et al. (2013) résument les différents courants théoriques qui se sont emparés des questions socio-techniques portées par les outils de gestion. Ils identifient dix cadres pouvant se répartir entre des approches critiques, institutionnelles et interactionnelles. En particulier, cette démarche reconnaît l'existence d'une vision plurielle des outils de gestion et surtout la nécessité de multiplier les angles d'analyse en faisant dialoguer les différentes grilles d'analyse.

2.5.2 Faire dialoguer les cadres d'analyse pour étudier l'OAB

L'objectif ici est de détailler les principaux cadres théoriques d'analyse des outils de gestion que nous mobiliserons pour l'étude de l'OAB (figures 2.10 et 2.11). Pour plus de clarté, nous détaillerons également dans un encadré les autres cadres existants et ce qui a poussé à ne pas ou peu les mobiliser.

2.5.2.1 L'outil et ses conventions, un "investissement de forme"

Ces approches reconnaissent les "*investissements de forme*" dans l'outil de gestion. Les règles de calcul, tarifs, instructions écrites, etc., inscrits dans l'outil sont le résultat de multiples choix concernant les manières de coder les choses et d'encadrer les pratiques. Ces *conventions* permettent de coordonner les comportements et les représentations. Les outils de gestion et leurs composants institutionnalisent certaines conventions face à d'autres, en favorisant leur diffusion, compréhension et répétition.

Par exemple, les travaux de d'Alain DESROSIÈRES (2008) sont consacrés à la question de la mesure et de la quantification dans les statistiques. Il révèle que la mesure d'un élément découle de nombreuses conventions de quantifications et de classifications préalables. Une classification statistique est tout autant statistique que politique et cognitive. De même, les normes comptables mobilisent un grand nombre de conventions de calculs. La sociologie de la quantification s'intéresse à ces processus de catégorisation et interroge les opérations qui permettent le rapprochement d'éléments singuliers : catégorisation, classification et commensuration. La commensuration est le fait de comparer des entités de qualités différentes à partir d'une métrique commune (par exemple dans une analyse coûts-bénéfices appliquer une valeur monétaire à des éléments divers). La commensuration néglige certaines informations et ré-arrange les autres. En permettant de combiner et de hiérarchiser des éléments très disparates, elle est à la base des outils d'aide à la décision ou de calcul de performance.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

Pour l'analyse d'un outil de gestion il s'agit d'identifier et de mettre à jour ces conventions tout en se demandant ce qui les fait tenir. Dans le cas de l'OAB nous pouvons analyser comment son activité de mesure intègre avec elle des conventions sur la biodiversité et les pratiques agricoles. Ces conventions sont directement présentes dans les protocoles (choix des espèces observées, catégorisation en groupe d'espèces, informations rentrées sur le formulaire Internet,...) mais aussi dans l'utilisation "secondaire" des données récoltées, lors de l'analyse par l'activité de recherche par exemple.

On pourra également s'interroger sur les représentations diffusées par l'outil. Ces effets peuvent contribuer à structurer le réel avec des conséquences cognitives et pratiques directes. Par exemple, les écoles supérieures de commerces ont adapté leur fonctionnement général pour mieux s'adapter aux règles des classements universitaires (ESPELAND et SAUDER 2007). Nous pourrions donc interroger sur les représentations de la biodiversité agricole construites par les différents participants (individus et organisations) de l'OAB.

Enfin, la pluralité des conventions possibles fait aussi apparaître la possibilité pour un outil de diffuser des conventions différentes selon les communautés de pratiques. L'OAB peut ainsi être un "*objet-frontière*" (STAR et GRIESEMER 1989) entre ces dernières. L'observation naturaliste est ainsi à la fois une donnée irréductible pour l'agriculteur qui observe sur sa parcelle mais également une information pouvant être agrégée pour renseigner un atlas naturaliste ou être mobilisée dans le cadre d'une analyse statistique en écologie. Or ces communautés collaborent autour de l'OAB, il est donc intéressant d'étudier la place de cette observation dans cette collaboration.

2.5.2.2 Théorie de la structuration : un outil contraignant et habilitant dans son appropriation

Les approches inspirées de la théorie de la structuration d'Anthony GIDDENS (1984) pensent les interactions technologies-utilisateurs à différents niveaux. Anthony Giddens proposait initialement raisonner les systèmes sociaux par leur processus de "*structuration*". Ce processus est dual. D'une part les pratiques et intentions individuelles sont façonnées par le système. Mais réciproquement, les structures sociales résultent également des activités humaines qui acquièrent un caractère systémique lorsqu'elles deviennent des routines. Si cette théorie n'a pas été modelée pour étudier les outils de gestion¹⁰, plusieurs approches s'en sont inspirées en reconnaissant que l'interaction individu-technologie peut jouer un rôle dans le processus de structuration.

En particulier, ce cadre théorique reconnaît la flexibilité interprétative de l'outil de gestion. Chaque utilisateur interagit de manière propre, les effets structurants de

10. Anthony Giddens voulait initialement proposer une théorie expliquant la construction de la société dans son ensemble, donc à très large échelle.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

cette interaction n'étant pas prévisibles. Les études tendent donc généralement à comparer différentes utilisations par des groupes différents et/ou à travers une évolution temporelle de l'outil. Reconnaître cette flexibilité, cette capacité des outils à être détournés, ré-interprétés, instrumentés, amène certains auteurs à parler d' *appropriation* des outils de gestion (DE VAUJANY 2006; GRIMAND 2012). Cette appropriation peut être considérée en adoptant trois points de vue (DE VAUJANY 2006) : celui des concepteurs et diffuseurs qui ont des préoccupations d'efficacité, de pertinence et de normalisation des comportements (perspective *rationnelle*); des apprentissages menés par les utilisateurs finaux qui vont inscrire l'outil dans leur pratique et explorer de nouvelles manières de faire (perspective *psycho-cognitive*); et enfin à travers les processus sociologiques et les rapports sociaux (par exemple à des fins de légitimation ou comme argument rhétorique) dans lesquels les utilisateurs mobilisent l'outil (perspective *socio-politique*). Une quatrième perspective *symbolique* peut également être considérée (GRIMAND 2012). L'outil est alors un support identitaire et un vecteur de sens (par exemple si l'outil joue un rôle important dans l' "éthos", la figure du métier).

En reconnaissant la flexibilité de l'OAB, ce cadre permet d'explorer les appropriations du programme par les participants et leur capacité à le déformer et à le ré-interpréter. Il s'agit de comprendre quels comportements sont favorisés par l'OAB, comment les participants l'utilisent. C'est dans l'étude de cette appropriation que nous pourrions découvrir les apprentissages éventuellement provoqués par l'OAB.

L'appropriation est considérée "de la conception à l'usage" de l'outil, remettant en cause une éventuelle stabilisation des outils puisque ces derniers sont en perpétuelles appropriations (entraînant à la fois des prescriptions mais aussi des explorations). Les appropriations que nous observerons ne sont donc pas statiques et sont susceptibles d'évoluer. Cette dynamique peut également se comprendre à travers la notion de prescriptions réciproques d'Armand Hatchuel. Il reconnaît " *le caractère irréaliste des hypothèses de rationalités dans les outils* " : c'est dans l'incomplétude des outils face à une rationalité locale que se jouent les apprentissages. Il y a ainsi une dynamique récursive de conception et d'usage de l'outil. Un premier groupe va s'approprier l'outil et le déformer, l'interpréter. Puis un autre groupe va s'approprier cet outil modifié, le premier groupe devenant les concepteurs de l'outil, etc. Dans le cas de l'OAB, nous pourrions ainsi nous interroger sur les dynamiques d'appropriations entre les différentes échelles (locale et nationale) des participants.

Enfin, ces approches mettent en lumière le caractère dual des outils de gestion, à la fois habilitant et contraignant. Contraignant d'une part car ils imposent une certaine lecture des situations, ils focalisent l'attention sur certaines valorisations et légitimations du réel, allant jusqu'à s'inscrire dans des effets disciplinants (TOWNLEY 1993). Habilitant également car ils créent une économie cognitive qui ouvre des possibilités d'engagement et d'orientation de l'action. Ils simplifient le réel pour permettre l'action et entraîner des apprentissages. Le caractère habilitant/contrainant de l'OAB sera donc également questionné, faisant écho à l'approche par les conventions citée

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

précédemment.

En pratique, l'exploration des différentes appropriations fut justement un des objectifs de l'enquête de terrain qui chercha à rencontrer des contextes variés de mise en place de l'OAB pour comprendre comment les différents participants l'utilisent et se l'approprient. Nous avons donc mobilisé les perspectives d'appropriation comme ressource théorique dans le codage des entretiens réalisés (chapitre 3).

2.5.2.3 Approche instrumentale

Les deux premiers cadres présentés étaient des approches institutionnelles, reconnaissant la transmission d'habitudes, de comportements et de règles stabilisées entre les individus et les organisations (CHIAPELLO et al. 2013). Notre troisième perspective est interactionnelle, travaillant les interactions autonomes entre l'individu et l'outil et leurs transformations respectives.

L'approche instrumentale s'inspire de la théorie de l'activité, développée par Vygotski puis Leontiev qui considèrent que les phénomènes psychologiques ont une origine socio-technique. Ils dépendent ainsi des échanges avec d'autres personnes et sont aussi façonnés par les objets socialement construits nommés *artefacts*. Toute activité humaine serait donc médiée techniquement ("prolongement du corps") mais aussi psychologiquement, l'artefact étant un médium des processus sociaux et de pensée (langage, schémas, formes de calcul...).

Prolongeant ce cadre, la théorie instrumentale (RABARDEL 2005) distingue l'artefact de l'instrument. Pour qu'il y ait instrument, il faut des constructions et des schèmes (représentations abstraites) d'utilisation de l'artefact. Ces derniers peuvent être propres à l'individu ou résulter de schèmes sociaux. Cela permet de comprendre les écarts entre ses utilisations effectives et les prévisions des concepteurs. Les écarts peuvent être dus à l'artefact lui-même, à l'utilisateur ou à l'activité. L'artefact présente des caractéristiques, des *affordances* qui ouvrent certains possibles. C'est ensuite l'utilisateur qui les saisit ou non en fonction des schèmes d'utilisations mobilisés. Ces derniers peuvent provenir de sa propre expérience et de sa pensée mais ils ont également une origine collective. On peut parler d'habitude d'utilisation (DERUJINSKY-LAGUECIR, KERN et LORINO 2011), comme une prédisposition à agir d'une certaine manière dans une situation sans être pour autant totalement prédéterminée. L'habitude rend compte des mécanismes d'interprétation préexistants sans toutefois introduire de déterminisme et de mécanisme dans le processus d'interprétation. L'instrument couple donc les habitudes individuelles et collectives aux possibilités offertes par l'artefact. La médiation a lieu, d'une part, entre l'individu et sa propre activité, qu'il transforme en objet de pensée et de retour réflexif, et, d'autre part, entre les parties prenantes, qui trouvent dans l'instrument le lieu de leurs interactions.

Cette perspective instrumentale a le mérite de mettre davantage l'accent sur les

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

processus à l'échelle de l'individu et de sa relation à l'outil. L'OAB sera approprié selon les possibilités qu'il ouvre (ses affordances) mais également selon les schèmes et habitudes mobilisés par les différents participants. Identifier ces conditions d'appropriations permettra de compléter notre analyse du programme.

Nous pouvons apercevoir les rapprochements et complémentarités entre ces trois cadres (figure 2.10). A une échelle institutionnelle, les conventions permettent d'illustrer les cadrages et systèmes d'interprétations portés par l'outil et susceptibles d'orienter les représentations du monde. Mais ces conventions ne sont pas statiques. Les individus et organisations y réagissent, d'une part en adaptant leurs pratiques pour s'y conformer mais aussi en modifiant en retour les usages de l'outil et ses conventions. C'est dans cette interaction qu'a lieu l'appropriation de l'outil par les participants. Celle-ci est multiple, s'inscrit dans l'activité (de façon normative ou réflexive) des acteurs mais aussi dans leurs interactions sociales. Les appropriations révèlent l'aspect habilitant de l'outil, les investissements cognitifs de ses conventions et simplifications permettent une économie cognitive, facilitant ainsi la compréhension du réel et offrant des prises d'action. Mais inversement, l'outil est également contraignant, pouvant focaliser l'attention sur certaines valorisations et légitimations du réel. A l'échelle de l'outil, la théorie instrumentale nous dit que ces appropriations vont résulter des opportunités offertes par l'outil mais également des habitudes des acteurs, des schèmes d'utilisations qu'ils vont mobiliser. Ces différents cadres théoriques permettent de questionner l'OAB à différentes résolutions d'analyse et serviront de base pour l'étude du matériau qualitatif récolté.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

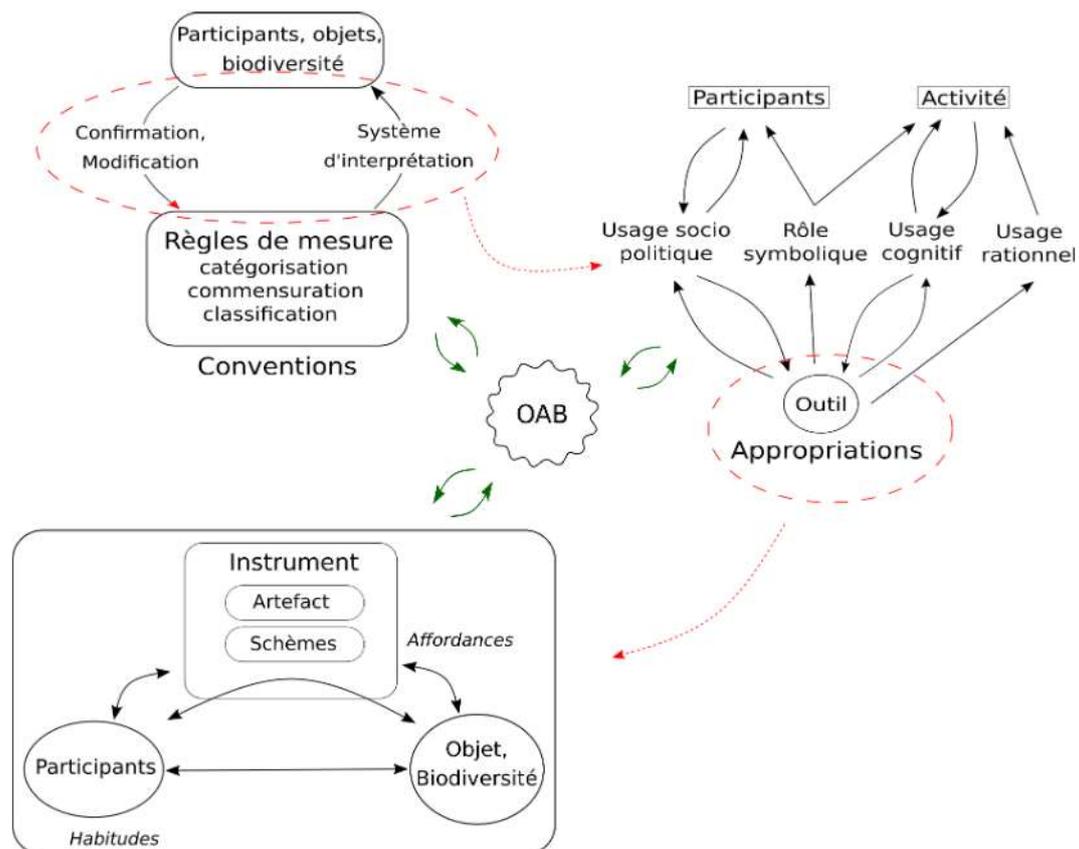


FIGURE 2.10. – Rapprochements et complémentarités entre les trois cadres principaux d'analyse des outils de gestion : approche par les conventions, les appropriations et la théorie instrumentale. Les trois approches peuvent être vues comme trois échelles d'étude emboîtées. Chacune reste en relation dynamique (influençant et influencée par) avec l'outil.

Ces approches peuvent être complétées à la marge par d'autres cadres théoriques. Par souci de clarté nous les présentons dans l'encadré ci-dessous. L'ensemble des cadres est résumé dans la (figure 2.11).

Encadré 4 : Compléments sur les autres cadres théoriques (CHIAPELLO et al. 2013).

Nous présenterons ici de manière succincte d'autres cadres d'analyse des outils de gestion existant et les raisons qui nous ont poussés à peu les mobiliser.

Les théories critiques

Ces approches construisent une vision critique des outils, montrant dans quelle mesure ils participent à des projets de domination, d'oppression et

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

produisent de la souffrance. Elles se focalisent ainsi sur les asymétries sociales, les rapports de force et de pouvoir. Elles interrogent le rôle des outils de gestion dans notre système économique capitaliste ou cherchent à comprendre comment ils sont utilisés pour exercer un pouvoir, discipliner des individus et les gouverner (approches foucaaldiennes). A l'échelle individuelle, elles révèlent la souffrance engendrée par cet exercice du pouvoir. Ces perspectives nous ont paru assez éloignées de l'organisation de l'OAB, essentiellement participatif et volontaire et donc assez peu sujet à des relations de pouvoir (celles-ci ne sont néanmoins pas absentes, nous pourrions par exemple interroger comment celui-ci s'installe dans les relations de conseils ou encore le rôle symbolique important de la recherche par rapport aux participants).

La théorie néo-institutionnelle

Cette approche étudie les organisations à l'échelle de champs d'institutions en interaction et en influence mutuelle. Cela permet de lire les vagues d'adoption d'outils et d'isomorphisme (ressemblance) entre les organisations, toutes soumises à un "*champ de force*", constitué de croyances et de scripts "rationnels". Les organisations en interaction ont ainsi tendance à converger vers des pratiques similaires. Cette théorie pourrait être intéressante pour comprendre le déploiement de l'OAB au sein de différents réseaux mais elle ne décrit pas le travail concret des parties prenantes dans les institutions. C'est pourquoi nous avons privilégié des approches institutionnelles plus proches de l'interaction participant-outils.

La théorie de l'acteur-réseau

La théorie de l'acteur-réseau adopte une position de symétrie entre acteurs humains et non-humains. Elle se distingue par le rôle actif qu'elle fait tenir aux entités produites par la science, qui vont agir sur les individus. La méthode consiste à étudier et à décrire finement les réseaux d'interactions et les agencements humains/non-humains qui sont à l'origine de tout objet. Dans le cas des outils de gestion, il s'agit alors d' "*ouvrir la boîte noire*" qu'est l'outil et de reconstruire le processus de traduction mis en place pour le créer, quelles controverses ont dû être résolues, quelles négociations entre l'humain et le non-humain, etc. Cette perspective peut sembler attrayante pour étudier l'OAB et comprendre sa genèse (par exemple reconstruire la "*négociation*" avec la biodiversité pour l'observer à travers des protocoles ou avec les agriculteur-rices pour les mobiliser). Néanmoins, dans le cadre de ces travaux, l'intense travail de description nécessaire à cette méthode risquait de concentrer notre approche sur les interactions fines outil-individus et de négliger l'étude à d'autres niveaux (l'influence des conventions de l'outil par exemple). C'est pourquoi dans les

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

perspectives de type "interactionnelle" nous avons préféré nous inspirer de la théorie instrumentale que de la théorie de l'acteur-réseau.

La théorie de l'acteur-stratégique

Cette théorie élaborée par CROZIER et FRIEDBERG (1977) accorde une place primordiale aux intentions stratégiques des acteurs sociaux et à leur capacité à refuser et transformer les outils. Cette approche paraissait donner trop de poids à l'individu et à ses stratégies politiques, minimisant alors le rôle de la technique et des structures sociales.

La théorie du langage et de l'outil : approche narrative

Cette approche met l'accent sur la dimension communicationnelle des organisations et leurs narrations. La mise en récit réduirait l'incertitude et favoriserait l'engagement. Ce cadre interroge donc l'écriture comme un outil et inversement les outils sont considérés comme des discours. Il s'agit alors de questionner leur intégration dans le discours organisationnel ainsi que leurs conditions de production (DETCHESSAHAR et JOURNÉ 2007). L'OAB étant dispersé parmi un grand nombre d'organisations et de participants, il n'était pas possible de mobiliser cette approche pour comparer le programme à un discours organisationnel en particulier. Autrement il aurait fallu le mettre en comparaison avec d'autres outils du secteur agricole, ce qui représentait une toute autre tâche.

2.5.3 L'OAB comme instrument d'action publique

Nous terminerons ce cadre théorique, en remettant la notion de l'outil de gestion dans une perspective politique et de management public. En tant qu'outil de gestion, l'OAB peut ainsi être caractérisé comme instrument de l'action publique, défini en tant que "*dispositif à la fois technique et social qui organise des rapports sociaux spécifiques entre la puissance publique et ses destinataires, en fonction des représentations et des significations dont il est porteur*" (HALPERN, LASCOUMES et LE GALÈS 2014).

Si cette approche ne sera pas centrale dans l'étude de l'OAB il paraissait important de la mentionner, en particulier lorsqu'il s'agira de discuter des implications pratiques de nos analyses. L'OAB est intégré dans le management public agricole et ses résultats mériteront d'être remis dans cette perspective, afin au moins d'ouvrir des axes de recherches complémentaires.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

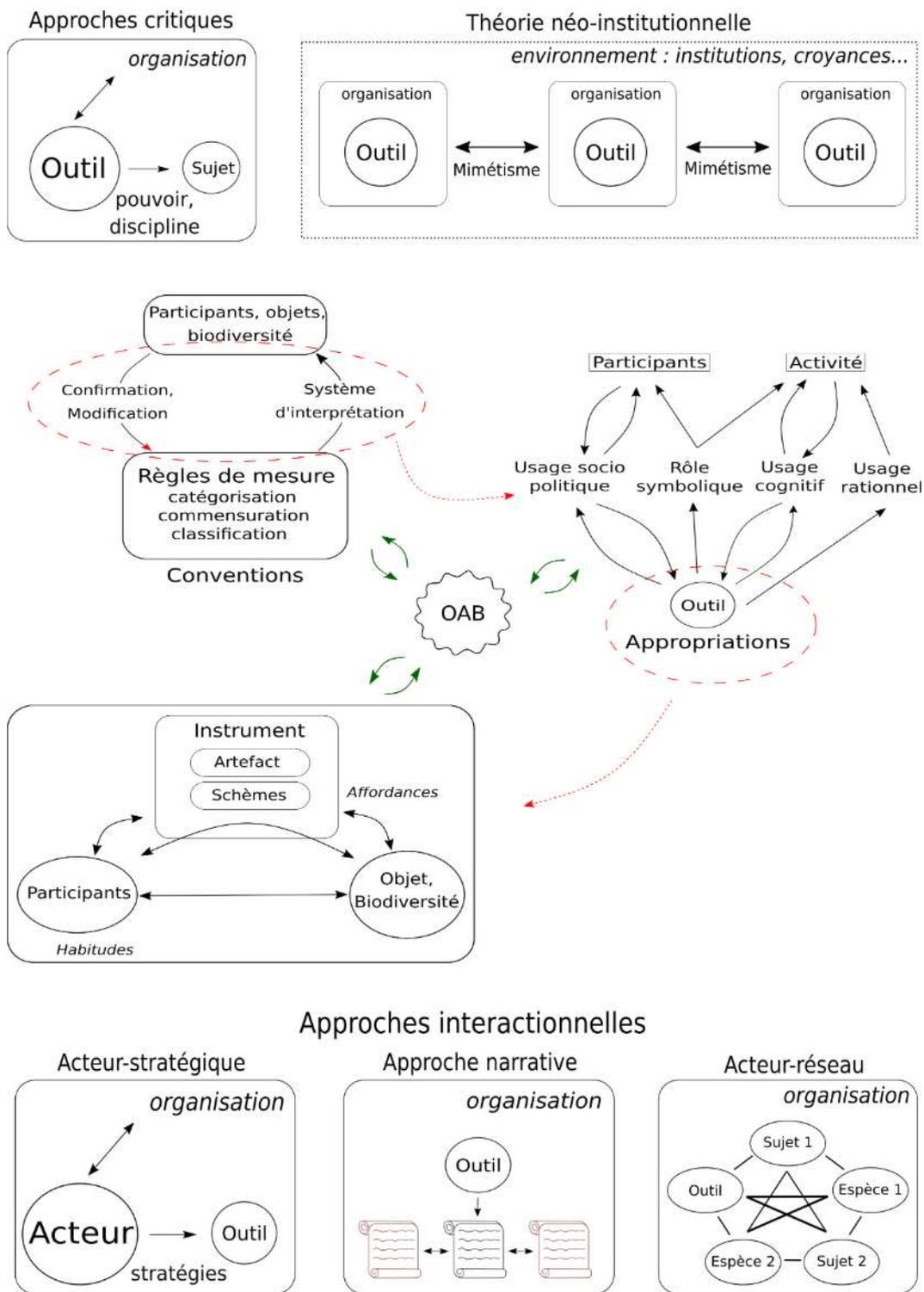


FIGURE 2.11. – Synthèse des principaux courants d'étude des outils de gestion. Les trois principaux cadres mobilisés sont au centre du schéma. Les approches critiques et institutionnelles se trouvent en haut et les approches interactionnelles en bas.

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

2.5.3.1 Les instruments d'action publique

Pendant longtemps, la question des instruments est restée une affaire fonctionnaliste, cantonnée aux dimensions techniques et procédurales qui permettent d'atteindre les objectifs de politique publique. Les approches par les "instruments d'action publique" qui prirent de l'ampleur en France à partir des années 2000 ont constitué une nouvelle perspective méthodologique pour l'étude de l'action publique. L'instrumentation de l'action publique est définie comme "*l'ensemble des problèmes posés par le choix et l'usage des outils (des techniques, des moyens d'opérer, des dispositifs) qui permettent de matérialiser et d'opérationnaliser l'action gouvernementale. Il s'agit non seulement de comprendre les raisons qui poussent à retenir tel instrument plutôt que tel autre, mais d'envisager également les effets produits par ces choix*" (LASCOUMES et LE GALÈS 2004).

Cette démarche incite à saisir l'action publique non pas à travers ses acteurs, institutions ou projets politiques mais dans sa matérialité. L'instrument permet de comprendre les pratiques de l'état ainsi que ses transformations. De nombreuses typologies ont été réalisées pour préciser la place des différents instruments dans l'action publique, telles que celle de LASCOUMES et LE GALÈS (2004) qui distinguent cinq catégories en fonction de la conception du rapport au politique (figure 2.12).

Type d'instrument	Type de rapport politique	Type de légitimité
Législatif et réglementaire	Etat pédagogue	Imposition d'un intérêt général par des représentants mandatés
Economique et fiscal	Etat redistributeur	Recherche d'une utilité collective - Efficacité sociale et économique
Traditionnel et incitatif	Etat mobilisateur	Recherche d'engagement direct
Informatif et communicationnel	Démocratie du public	Explicitation des décisions et responsabilisation des acteurs
Normes et standards Best Practices	Ajustements au sein de la société civile - Mécanismes de concurrence	Mixte : scientifico-technique et démocratiquement négociée ; et/ou concurrence, mécanisme du marché

FIGURE 2.12. – Typologie des instruments de l'action publique en fonction du rapport au politique (LASCOUMES et LE GALÈS 2004).

L'approche sociologique envisage les instruments comme des institutions, intégrant des dimensions informelles, symboliques et cognitives. L'instrument est abordé dans une perspective d'analyse des rapports de pouvoir mais aussi dans le cadrage qu'il opère. Ces travaux étudient les effets comportementaux et cognitifs des instruments (LASCOUMES et SIMARD 2011). Les cadres cognitifs de l'instrument révèlent la conception du rapport gouvernants/gouvernés dans lequel il s'inscrit. A titre d'illustration, les instruments réglementaires matérialisent une conception de l'état diffusant des

2. *L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?*

normes sanctionnables pour orienter le social. Inversement, les instruments "communicationnels" opérationnalisent une conception plus démocratique de l'action publique, par exemple sur les enjeux environnementaux ou de santé publique. Par ailleurs, cette perspective institutionnelle laisse un espace d'analyse des renégociations de l'instrument. Sa plasticité va alors dépendre de ses caractéristiques internes mais également de son appropriation par les différentes parties prenantes. Trois effets des instruments sont ainsi relevés (LASCOURMES et SIMARD 2011) :

- 1 L'instrument devient un dénominateur commun pour des acteurs hétérogènes permettant leur collaboration et entraînant un apprentissage de leur part. Cette place centrale peut aussi corrélativement en faire un facteur d'inertie ;
- 2 L'instrument impose une représentation spécifique de l'enjeu, avec ses définitions et sa problématisation et fournit une justification pour les calculs d'indices et la création d'artefacts (la "pollution", le "chômage", etc.) ;
- 3 L'instrument est indissociable de son appropriation. Les activités de résistance ou de détournements ne sont pas des échecs mais parties prenantes du dispositif.

Nous retrouvons ici des perspectives déjà soulevées dans les cadres théoriques d'étude de l'OAB.

Conclusion du chapitre 2

Nous avons présenté dans ce chapitre l'Observatoire Agricole de la Biodiversité, programme de sciences participatives proposant aux agriculteur·rices d'observer la biodiversité de leurs parcelles et de partager leurs observations et pratiques. L'OAB propose une manière de ré-introduire les savoirs sur la biodiversité dans les pratiques agronomiques. Il met en avant un objet, la biodiversité, initialement ignoré et pour lequel l'agriculture intensive fut ainsi longtemps aveugle des dommages qu'elle provoquait. Par ailleurs, l'OAB est également un objet intéressant pour l'action publique car il propose une forme nouvelle d'action en faisant intervenir directement les agriculteur·rices dans la production de savoir.

Nous nous interrogeons donc sur les effets de ce programme, son interaction avec le système socio-technique dominant et son intégration dans la dynamique d'écologisation des pratiques. Quels savoirs sont produits et comment? Quelles utilisations et transformations du programme à l'usage? Afin d'étudier l'OAB nous avons mobilisé et fait dialoguer deux disciplines : l'écologie scientifique, science de l'habitat et des interactions entre espèces, et les sciences de gestion qui théorisent l'action collective. L'objectif est de questionner la connaissance produite par le programme. D'une part en valorisant les données afin de préciser les liens entre agriculture et biodiversité. D'autre part, nous avons cherché à comprendre le rôle de ces connaissances et de l'OAB auprès des participants. Pour cela nous l'avons considéré sous l'angle des outils de gestion, puisqu'il permet de renseigner la biodiversité et les pratiques afin de les

2. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité, outil de suivi de la biodiversité et moteur de changements de pratiques?

relier entre elles. Nous avons ainsi présenté les trois cadres théoriques principaux que nous mobiliserons et ferons dialoguer dans l'analyse : la théorie des conventions, la théorie de l'appropriation et la théorie instrumentale. Ces cadres permettront d'étudier l'OAB à différentes échelles, depuis son fonctionnement précis jusqu'aux représentations du monde qu'il transmet.

3 Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

Dans ce chapitre j'expliquerai ¹ le positionnement et la méthodologie adoptés pendant la thèse. Je commencerais par détailler l'évolution de la posture de chercheur, initiée par un travail "naïf" d'écologue pour se rapprocher dans un second temps d'une recherche-intervention. Cela permettra aussi de préciser le cadre épistémologique, à la fois pour les travaux en écologie et ceux en sciences de gestion. Enfin, je rendrai compte de la méthodologie globale des travaux sociologiques : les terrains menés, leur logique respective ainsi que la méthodologie d'analyse des données qualitatives.

3.1 Évolution de la posture vers la recherche-intervention

Mes premiers travaux sur l'OAB abordèrent les données de manière "naïve", suivant la volonté du programme de produire des indicateurs nationaux sur la biodiversité agricole. J'ai étudié les données récoltées depuis 2011 afin de produire des tendances temporelles de la biodiversité à l'échelle française, et montré que ces dernières sont corrélées à certaines pratiques agricoles, telles que l'utilisation d'intrants chimiques ou la fertilisation minérale (partie II). Ces analyses réalisées au début de mes travaux de thèse répondaient aux interrogations scientifiques sur l'effet des pratiques agricoles sur les dynamiques temporelles de la biodiversité (ce qui n'est pas couramment étudié par manque de données) et à la demande de valorisation des données récoltées dans l'OAB.

Néanmoins, le questionnement parallèle sur le rôle social de l'OAB auprès des participants m'a amené à interroger les travaux d'analyses menés, à la fois en leur présentant directement ces résultats lors d'interviews, mais également en constatant la réception de l'étude auprès de différents publics. Ma posture de recherche a donc fini par se rapprocher d'une *recherche-intervention*, vue comme l'observation des réactions de l'organisation à la production d'un livrable, la mise en mouvement par ce livrable permettant de faire ressortir les phénomènes sociaux (DAVID 2012; SUQUET,

1. Ce chapitre reflète entièrement ma position personnelle vis-à-vis de la posture de recherche et de la nature des savoirs produits et a donc été écrit à la première personne. A l'inverse du reste de la thèse qui, bien que très personnel, reconnaît l'apport de toutes les personnes ayant travaillé avec moi et est donc écrit à la troisième personne.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

COLLARD et RAULET-CROSET 2020).

La recherche-intervention désigne une forme de recherche où l'intervention des chercheurs auprès des acteurs est explicitement revendiquée (AGGERI 2016). Ce mode de recherche assume une intériorité dans le terrain d'étude en vue de conduire une intervention, c'est-à-dire d'accompagner ou de susciter une transformation des organisations. Cela va à l'inverse d'une première façon plus classique de concevoir la recherche en science sociale, qui adopte le plus possible une position de neutralité vis-à-vis du terrain pour éviter toute interférence entre l'observateur et l'observé. Ainsi, la recherche-intervention ne vise pas uniquement à tester des hypothèses théoriques mais engage une exploration pour mieux comprendre les problématiques en jeu et les évolutions possibles. Il faut donc accepter une certaine forme d'indétermination des questionnements qui se construiront chemin faisant. Le raisonnement mobilisé est de type *abductif*², générant de nouvelles hypothèses au fur et à mesure des observations.

Encadré 5 : Principes méthodologiques de la recherche-intervention (DAVID 2012)

Cinq principes méthodologiques caractérisent la recherche-intervention.

Principe de rationalité accrue : Il faut chercher la " *meilleure adéquation entre la connaissance des faits et les rapports qu'ils permettent entre les hommes*". Au-delà d'un simple dialogue entre les acteurs ou d'un apport extérieur à l'organisation, il s'agit de penser la comptabilité entre des relations et des savoirs nouveaux.

Principe d'inachèvement : Il est impossible de spécifier à l'avance le chemin et les résultats, le but est de faire évoluer l'organisation en générant des connaissances de nature nouvelle.

Principe de scientificité : C'est un rapport à la vérité, le chercheur doit avoir une position critique permanente face aux faits. Il doit s'interroger sur les conditions de validation des savoirs mobilisés.

Principe d'isonomie : Il s'agit d'apporter un effort de compréhension à tous les individus et organisation concernés et de penser les systèmes d'échanges en conséquence.

Principes des deux niveaux d'interaction : Cela suppose un mélange entre un dispositif d'intervention et une démarche de production de connaissances. Il ne s'agit pas seulement d'explorer un système mais de " *produire des savoirs et concepts qui permettent de penser les trajectoires dans lesquelles un collectif pourrait s'engager*."

Ainsi ma position se rapproche de la recherche-intervention. J'ai dû déployer deux

2. A l'inverse de l'induction qui vise à généraliser à partir d'observations et de la déduction qui cherche à identifier des relations de causalités à partir d'hypothèses émises en amont.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

facettes, écologue dans la valorisation des données d'une part, sociologue interrogeant les effets de l'OAB d'autre part. Ayant travaillé moi-même à l'analyse des données de l'OAB, il m'était impossible de prétendre à une position de neutralité envers le terrain. Je présentais mes propres travaux et constatais leurs réceptions. Néanmoins, présenter ce livrable fournissait l'opportunité de tirer des enseignements à partir des effets que celui-ci pourrait entraîner. Enfin, moi-même interne à l'OAB j'ai voulu également tenir compte de mes propres ressentis, par exemple à travers la tenue d'un carnet de notes. Porteuse de cette réflexivité sur mes travaux, ma posture correspond aux principes de rationalité accrue et du double niveau d'interaction : au-delà de produire des connaissances je cherchais à les mobiliser pour penser les trajectoires de l'OAB et de ses participants.

Cependant, je parle de rapprochement avec la recherche-intervention car c'est une posture dont j'ai pris conscience assez tardivement dans les travaux. Il en résulte que certaines précautions méthodologiques conseillées (AGGERI 2016) n'ont pas été suivies dès le départ (par exemple la tenue d'un carnet de bord) ou non mises en place (comité de pilotage de l'étude). Enfin, cette posture n'était pas non reconnue et travaillée comme telle parmi les acteurs de l'OAB. Elle a plutôt fini par se mettre en place de manière indirecte et inconsciente à travers mon intégration dans les échanges avec l'équipe de l'OAB. Malgré ces limites, cette posture de recherche-intervention entre en résonance avec ma position épistémologique, résolument pragmatiste.

3.2 Position épistémologique : démarche compréhensive et cadre constructiviste pragmatique

3.2.1 Une approche pragmatique, confronter le savoir à l'expérience

Ma réflexion et mes convictions furent fortement influencées par le pragmatisme, philosophie d'où découlent une attitude pragmatique et des principes d'analyses. Sans détailler précisément cette philosophie³, je voudrais néanmoins expliquer en quoi elle a pu influencer mon approche de la recherche et ma pensée.

3.2.1.1 La philosophie pragmatiste

Le pragmatisme est un courant philosophique apparu en Amérique durant le milieu du *XIX^{ème}* siècle mais qui tarda à s'installer en France. Le carré classique des auteurs historiquement reconnus se constitue de Charles Sanders Peirce et William James puis au cours du *XX^{ème}* James Dewey et George Herbert Mead. Cette philosophie développe une science pertinente et éclairée par l'expérience humaine et la pratique. Le pragmatisme se focalise sur les manifestations pratiques d'une idée. Ainsi, le principal critère de validité d'un concept vient des effets pratiques constatés lors de sa mise à

3. Ce qui prendrait plus d'une thèse...

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

l'épreuve. Le pragmatisme se développe en réaction à ce que Dewey critiquait à son époque de "théorie contemplative de la connaissance". Il réintroduit les valeurs, les émotions et situations concrètes dans la théorie de la connaissance et relie théorie et action. Selon la formule d'Émilie Hache, le pragmatisme est "*l'art des conséquences qui s'intéresse aux effets que ses propositions induisent pour en vérifier la véracité*". (HACHE 2011).

Pour les penseurs pragmatiques, les connaissances scientifiques s'élaborent dans un processus d'enquête, dont la nature n'est pas si différente de celle menée par tout un chacun face à une situation indéterminée (DEWEY 1993). Cette posture apporte trois conséquences méthodologiques (JOURNÉ 2007) : elle légitime les recherches qui s'enracinent dans une demande exprimée par des acteurs de terrain; elle éloigne les conceptions "mentalistes" en considérant que l'activité cognitive, individuelle ou collective, est bien observable dans les interactions avec les dispositifs techniques; enfin l'enquête du chercheur croisant par nature celles menées dans leurs activités par les acteurs observés, elle demande une réflexivité attentive du chercheur sur son éventuelle influence.

La philosophie pragmatiste s'intègre également dans une société vue en mouvement, sollicitant ainsi les individus au-delà d'une simple vision primaire susceptible de les enfermer dans des propriétés sociodémographiques ou des postures caricaturales, d'"acteur-stratège" modelant son environnement ou d'"acteur-marionnette" le subissant. Ce positionnement est résolument démocratique, plaçant les individus comme contingents des transactions qu'ils entretiennent avec leurs environnements, à la croisée de divers cercles sociaux et au milieu d'organisations et d'institutions qui favorisent ou verrouillent leur liberté d'invention, individuelle et collective (CEFAI et al. 2015). La forme aboutie de ces collectifs est le Public, constitué d'individus pour lesquels un sujet importe et cherchant à acquérir une capacité d'intervention dessus (DEWEY 1927).

Malgré la diversité des conceptions qui ont pu se développer autour de cette philosophie, Albert Ogien identifie un style de pensée et caractérise le pragmatisme moins comme un dogme mais plutôt comme une attitude avec ses principes d'analyse (OGIEN 2014) :

1. *réalisme* : admettre que le monde extérieur existe indépendamment des descriptions que nous en faisons et que cette existence exerce un contrôle sur nos pensées et nos actions ;
2. *faillibilisme* : envisager le doute comme principe de connaissance, c'est-à-dire tenir l'indétermination des situations pour le moteur des pratiques sociales et leur stabilisation pour un phénomène toujours provisoire et révisable ;
3. *pluralisme* : endosser l'idée selon laquelle, puisqu'il existe une multiplicité de conceptions de ce qu'il convient de faire dans une situation donnée, c'est de l'échange entre tenants de ces conceptions qu'émerge une solution collective-

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

ment acceptable;

4. *holisme* : renoncer à tout dualisme, c'est-à-dire rejeter les séparations entre nature et culture, corps et esprit, faits et valeurs, connaissance et action;
5. *naturalisme* : concevoir l'être humain et la vie sociale comme irrémédiablement liés à leur environnement
6. *socialité de la normativité* : admettre que l'objectivité et l'ordre se constituent dans une action en commun, toujours totalement dépendante de son cadre d'émergence.

3.2.1.2 Influence de cette philosophie sur la posture de recherche

Le pragmatisme place l'idée de l'expérience comme origine de la connaissance, celle-ci ne pouvant donc se dissocier de son environnement social. Ce fondement social de la connaissance légitime la démarche de recherche-intervention de co-construction et de croisements des savoirs et des pratiques. Par ailleurs, cela explique ma volonté de confronter les savoirs écologiques à la pratique des participants de l'OAB, de chercher à comprendre les implications pratiques liées aux connaissances que j'ai produites. Il s'agit d'être plus exigeant envers ce savoir statistique, de lui redonner un milieu, avec tout ce que cela implique de relation et de connexion. Ou comme le formulent DEBAISE et STENGERS (2017), de faire preuve de "*respons-abilité*", de "*capacité à répondre d'une action ou d'une idée devant ceux pour qui elles auront des conséquences*".

C'est une démarche exigeante, parfois déstabilisante, que j'espère avoir suivie du mieux possible. Bien qu'elle puisse troubler ce mode de production de connaissances statistiques, je suis convaincu que cela permet de donner une autre dimension à ce savoir. Cela résonne par ailleurs avec la démarche interdisciplinaire, puisque je viens questionner chaque discipline à partir de la seconde.

3.2.2 Le paradigme constructiviste pragmatique : un cadre permettant d'associer écologie et sciences de gestion

Qu'on y soit attentif ou pas, toute recherche s'inscrit dans un cadre épistémologique explicite ou implicite. Ce cadre fournit au chercheur les hypothèses fondatrices et les principes d'élaboration et de justification des connaissances. Le définir est donc primordial puisque ce dernier définit le "*cadre des connaissances valables*" (PIAGET 1967). Le "*paradigme épistémologique*"⁴ ne doit pas être identifié à une idéologie ou se réduire à un cadre méthodologique. Il constitue l'ensemble des croyances, valeurs, techniques, etc., partagées par une communauté et concernant ce qu'est la connaissance, comment la constituer et justifier de sa valeur (AVENIER et C. THOMAS 2012). Je m'attacherai ici à tenter de définir le paradigme épistémologique dans lequel

4. Je reprends ici la terminologie de "paradigme" et non de "cadre" proposée par (AVENIER et C. THOMAS 2012).

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

s'inscrivent ces travaux de thèse. Suivant les conseils d'AVENIER et C. THOMAS (2012), il s'agira non pas de construire mon cadre épistémologique, mais plutôt de décrire et d'expliquer dans quel cadre déjà solidement conceptualisé je m'inscris.

Un paradigme épistémologique s'articule autour de trois types d'hypothèses : gnoséologique sur la nature de la connaissance ; méthodologique qui traite de la constitution des connaissances ; et éthique qui traite de la validité ou de la valeur des connaissances. Il existe trois grands courants concernant les axiomes définissant la validité des connaissances : le *positivisme*, le *réalisme critique* et le *constructivisme*. Le *positivisme*, souvent rattaché malgré quelques débats à Karl Popper, postule l'existence de phénomènes naturels et sociaux, indépendants de l'attention que peut leur porter un observateur et régis par des lois immuables pouvant être découvertes par le chercheur. La validité de la connaissance se conçoit par sa correspondance avec les faits empiriques. Avec Karl Popper, le critère de réfutabilité s'est substitué à celui de vérification : la connaissance qui a résisté aux tests visant à la réfuter est corroborée mais reste néanmoins provisoire. Le *réalisme critique* postule que le réel a un ordre propre cohérent, constitué de structures et de mécanismes générateurs indépendants de l'observateur. Il est alors stratifié entre un réel dit profond et un réel empirique, c'est-à-dire l'ensemble des événements effectivement observés et constituant le domaine du connaissable. L'explication scientifique consiste à imaginer le fonctionnement des mécanismes générateurs à l'origine des événements observés. Ce cadre n'est pas encore stabilisé et les méthodes d'évaluation des connaissances sont encore en évolution. La réfutabilité de Popper y reste possible et nécessaire. Néanmoins, étant donné l'hypothèse ontologique d'un réel stratifié (entre mécanismes générateurs et événements) et non prédictible, les répliques et mises à l'épreuve du savoir sont conçues comme des analyses comparatives plutôt que comme des répliques exactes, les théoriciens du cadre soulignant l'importance du contexte, sous-estimé dans le cadre positiviste. Un échec de la réplique de connaissances antérieures relatives à des structures ou à des mécanismes générateurs dans un autre contexte, ne constitue pas une réfutation de ces connaissances au sens de Popper dans la mesure où cet échec peut être expliqué par des facteurs de contingence ou la présence de mécanismes générateurs compensateurs (AVENIER et C. THOMAS 2012). Enfin, le *constructivisme* postule que la compréhension du réel n'est pas indépendante de l'observateur, il considère que ce qui est connaissable est l'expérience du réel. Marie-José AVENIER (2011) distingue deux paradigmes issus des courants constructivistes, le paradigme épistémologique constructiviste selon Guba et Lincoln (noté PECGL) et le paradigme épistémologique constructiviste pragmatique (ou radical ; noté PECP). Les deux courants ont bien en commun de se référer à un réel qui ne serait pas pleinement atteignable par l'homme. Néanmoins, si le PECGL postule des réalités relatives, multiples car construites socialement et non gouvernées par des lois causales, le PECP s'avère plus prudent. Il ne se prononce pas sur l'existence ou la non-existence d'un réel objectif et reconnaît seulement que, même si un tel réel existe, un humain ne pourra le connaître de manière rationnelle qu'à travers son expérience.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

En concordance avec l'attitude pragmatique développée précédemment, je me retrouve dans le PECP. L'avantage de ce paradigme est d'autoriser toute méthode de recherche pourvu que soient respectés trois principes directeurs : comportement éthique du chercheur ; rigueur critique sur le processus de recherche mis en œuvre et les résultats de ce processus ; et explicitation des hypothèses sur lesquelles la recherche repose. De surcroît, toutes les méthodes de recherche sont potentiellement éligibles dans le PECP, celui-ci ne posant pas d'hypothèses fondatrices sur la nature du réel, il autorise ainsi la recherche interdisciplinaire entre écologie et sciences de gestion.

De plus, dans le PECP le caractère relatif des savoirs n'est pas posé comme une hypothèse fondatrice mais découle des axiomes de départ. En combinant l'hypothèse d'un réel uniquement connu à travers l'expérience à celle d'une non-séparabilité de ce qui provient de l'observé ou de l'observant, il en résulte que ce qui est connaissable par un individu sera influencé par ses propres caractéristiques (contexte, valeurs, finalité du projet de connaissance, sa culture, son histoire, etc.). Cela est en accord avec la démarche compréhensive de la recherche-intervention, accordant une place importante au terrain et aux significations portées par les acteurs (dont moi-même) et éloignée d'explications causales mécanistes qui seraient présupposées en amont (bien que mises à jour en fonction des observations).

Enfin, le PECP privilégie une mise à l'épreuve pragmatique, à travers l'activation des savoirs dans des situations pratiques pour lesquelles le chercheur considère que ces savoirs peuvent se montrer pertinents. Dans ce cas, il s'agit d'examiner si les praticiens qui participent à la réinterprétation de ces savoirs dans le contexte spécifique de l'organisation concernée considèrent que ceux-ci stimulent valablement leur réflexion, offrent des éclairages intéressants sur la problématique pratique considérée, et/ou leur suggèrent des voies d'action pertinentes (AVENIER 2011). Cette perspective de confrontation des savoirs produits par l'OAB à l'action permet d'alimenter la réflexion sur ses apports écologiques et sociaux. En particulier, cela autorise un autre angle sur les savoirs d'écologie statistique produits à partir des données de l'OAB.

3.3 Écologie, épistémologie et inférence statistique

La démarche interdisciplinaire m'invite à préciser les conséquences de mon cadre épistémologique sur les connaissances produites en écologie. J'ai expliqué précédemment en quoi le PECP, en ne posant pas d'hypothèses fondatrices sur la nature du réel, était compatible avec la science écologique. Cependant, cette démarche épistémologique n'est pas habituelle dans les travaux en écologie et j'ai donc voulu proposer quelques conceptions et réflexions supplémentaires dans les paragraphes suivants.

3.3.1 Entité écologique ou unité de mesure?

J'ai parlé dans le chapitre précédent de la division de l'écologie en sous-disciplines. Cette répartition des tâches entre sous-disciplines s'est faite au fur et à mesure du développement de l'écologie et de l'apparition des différentes notions. Or, bien que ces différentes dénominations présupposent des divisions fondées sur des concepts bien définis, ces derniers semblent généralement beaucoup plus polysémiques et ambigus (SHRADER-FRECHETTE et MCCOY 1993). Par exemple, dans ses travaux de thèse CALBA (2014) retrace la confusion autour de la notion de communauté, en particulier sur son identification (où est-ce que je vois une communauté?) et sa délimitation spatiale et temporelle (où s'arrête la communauté?). Ainsi, une définition très généraliste donnée par RICKLEFS (2008), "*un ensemble d'individus d'espèces différentes en interaction ou qui partagent le même territoire à un moment donné*", permet potentiellement d'inclure presque tout et n'importe quoi dans la notion de communauté. Mais au-delà des multiples définitions et débats les concernant, CALBA (2014) identifie une différence plus profonde sur le statut accordé à l'objet étudié. La communauté est-elle une entité réelle qui existe en soi et donc pouvant être identifiée et délimitée? Ou une unité de mesure, un outil pratique qui regroupe de façon arbitraire des éléments et repose sur des conventions? L'utilisation du même vocable rend la distinction entre les positions des écologues confuses et ce positionnement est rarement précisé. Or le même questionnement se pose pour les autres notions de l'écologie qui ont des difficultés de définitions, telles que l'écosystème ou l'espèce. Même si il semblerait qu'une majeure partie des chercheurs adopte la deuxième conception (comme unité de mesure) car plus pragmatique (JAX 2006). Or, d'après CALBA (2014), si la majorité des chercheurs rejettent la première vision essentialisante pour affirmer une vision pragmatique, reconnaissant que leurs objets ne sont que des outils et ne constituent donc pas une fin en soi, la finalité de nombreuses études reste à terme de connaître la nature en soi, pour elle-même. Elles adoptent donc en fin de compte une vision réaliste et essentialisante. CALBA (2014) cite par exemple l'écologue Mc Arthur qui revendique à la fois une définition arbitraire de la communauté ("*n'importe quel ensemble d'organismes vivant les uns près des autres et à propos duquel il est intéressant de parler*") et un objectif pour l'écologie, celui de la "*recherche de motifs généraux et reproductibles*". C'est donc un positionnement qu'il me faut déclarer : quelle est ma posture vis-à-vis des connaissances écologiques produites?

3.3.2 Produire du savoir écologique statistique

Nos analyses écologiques ont procédé par des démarches phénoménologiques, recherchant des corrélations entre la présence des groupes d'espèces étudiés et les caractéristiques de l'environnement (dont les activités agricoles). La méthodologie statistique ne s'intègre directement pas dans la dualité essentialiste/pragmatiste décrite précédemment. Je l'ai surtout mobilisée comme méthode de vérification interne de mes propos : il s'agit d'assurer une robustesse aux tendances tirées de mon échantillon et d'éviter autant que possible tout biais d'analyse; de mieux comprendre les données.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

La nature de ces connaissances écologiques produites statistiquement doit cependant être précisée. En cohérence avec le paradigme épistémologique constructiviste pragmatique décrit précédemment, j'adopte une posture pragmatique à l'égard des notions écologiques employées : celles-ci sont des outils d'analyse, un moyen de rendre compte de l'expérience accumulée dans l'OAB mais sans prétention de description d'une réalité seule et unique. Il ne s'agit donc pas de reconnaître l'incertitude des connaissances, qui seraient perfectibles pour établir une vérité. Mais plutôt d'admettre leur caractère relatif, elles donnent à voir une expérience particulière. La démarche expérimentale n'est pourtant pas refusée, au contraire. Il faut cependant la voir comme une épreuve ponctuelle et contextuelle mais jamais décisive. En effet, tout protocole expérimental s'inscrit dans un cadre préalablement construit et défini et résulte donc de l'adhésion à un ensemble de règles, de normes et de connaissances pré-existantes. Ce cadre conceptuel avec ses définitions permet d'appliquer des théories et concepts mais limitent également leur portée. C'est à mon sens une posture d'humilité sur ces connaissances, elles ne sont pas produites pour "trancher" et "clôturer" le questionnement mais à l'inverse pour donner à voir de manière rigoureuse (ici avec une cohérence interne statistique) une expérience ponctuelle, contextuelle et non décisive.

D'un point de vue éthique, je dois reconnaître que, de même que je n'avais pas pris conscience de ma posture de recherche-intervention, ce positionnement épistémologique n'était pas envisagé⁵ à l'amorce de ces travaux et en particulier lors de la réalisation des analyses statistiques. Néanmoins, celles-ci étant essentiellement descriptives et corrélatives, je crois qu'il s'agit principalement de la manière de considérer les analyses produites plutôt que remettre en cause la méthodologie. En particulier, ce positionnement épistémologique est en cohérence avec les précautions prises lors de l'interprétation des modèles statistiques. La méthodologie statistique fournit des outils de compréhension des données qui me permettent de donner à voir (en effaçant ou en prenant conscience des biais) certaines corrélations.

Ces études ne peuvent cependant s'extraire de leur environnement de production : elles proviennent d'un programme de sciences participatives qui veut intégrer la biodiversité dans les réflexions agronomiques ; elles se basent sur des données émises par divers acteurs des secteurs agricoles et naturalistes et sont produites dans un contexte social de remise en cause des pratiques agricoles et d'inquiétude sur le déclin de la biodiversité. Moi-même j'ai des présupposés sur ce contexte. Et bien que ceux-ci soient alimentés par des connaissances scientifiques et que j'essaie de continuer à les confronter à l'expérience et de les préciser, je ne pourrais toutefois pas les effacer de mes travaux. Les problématiques posées, les corrélations testées, les interprétations émises, toutes seront influencées. Mais cela n'est pas un obstacle dans mon positionnement pragmatique, bien au contraire. Tout en mettant en évidence le "milieu" dans lequel est produite cette connaissance, cette démarche pousse à la

5. Comme dans de nombreuses recherches il n'était surtout pas réfléchi!

confronter à d'autres acteurs et d'autres environnements. Cela est d'ailleurs d'autant plus important pour la science participative. C'est à mon opinion (presque politique) une manière de passer d'une recherche scientifique participative "classique" à partir de données récoltées par des citoyens, à une recherche participative productrice de savoirs actionnables et entraînant une montée en capacité des participants (figure 2.1).

Après avoir explicité ma posture de chercheur et ma position épistémologique, il faut maintenant détailler dans les prochains paragraphes l'enquête sociologique menée et la méthodologie d'analyse du matériau qualitatif recueilli. Les méthodologies statistiques employées dans les études écologiques seront présentées directement dans les chapitres les concernant (chapitre 4 et chapitre 5).

3.4 Enquêtes qualitatives auprès des participants de l'OAB

3.4.1 Production des données

J'ai mené au cours de cette thèse un protocole d'enquête qualitative fondé principalement sur des entretiens semi-directifs⁶. Trente-deux entretiens approfondis ont été réalisés (tableau 3.1 et figure 3.1) durant cette thèse pour une durée moyenne de 1h21min. Ces entretiens se répartissent entre des participants de l'OAB travaillant à différentes échelles spatiales : depuis les agriculteur·rices participant aux observations à l'animation nationale en passant par les animateur·rices des réseaux locaux. Douze agriculteur·rices ont été rencontré·e·s dans deux réseaux différents, sept dans l'Allier en mars 2020 au sein de l'association à but environnemental Symbiose Allier⁷ qui développe des projets avec des collectifs locaux (agriculteur·rices, forestiers, coopératives, etc.) et cinq en Maine-et-Loire en mars 2021 dans le réseau ARBRE⁸ (Agriculteurs Respectueux de la Biodiversité et des Richesses de l'Environnement). Ce réseau à l'initiative de la chambre d'agriculture, de la fédération de chasse et du CPIE du département, regroupe des agriculteur·rices soucieux de progresser dans des pratiques respectueuses de la biodiversité. Ces deux réseaux ont été choisis en fonction de l'accès au terrain (rencontre avec les animateur·rices locaux) et de l'ancrage de l'OAB dans leur fonctionnement (grâce à l'appui de stagiaires pour l'animation et l'accompagnement des agriculteur·rices). Cet ancrage est important pour étudier les apports de l'OAB dans une situation "optimale" ou du moins semblable à ce qui pouvait être envisagé lors de la création du programme. Par ailleurs, les réseaux m'ont permis de rencontrer des profils différents d'agriculteur·rices. Ceux de l'Allier étaient principalement en grandes cultures, avec cependant des productions assez différentes, certains en monoculture de maïs irrigué, d'autres cherchant une grande diversité avec

6. L'enquêteur oriente le discours des personnes interrogées autour de thèmes définis au préalable. Mais contrairement à un questionnaire, la forme des questions n'est cependant pas figée et s'adapte au cours de l'entretien à la parole portée par l'enquêté.

7. <https://symbioseallier.fr/>

8. <https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/vos-chambres/en-pays-de-la-loire/reseaux-d-experimentation-et-de-demonstration/reseau-arbre/>

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

un complément viticole ou arboricole. Les exploitations étaient assez importantes, au-delà de 100ha. Dans le Maine-et-Loire, j'ai cherché à observer différentes situations (éleveurs laitier, éleveur allaitant, vigneron, arboriculteur et céréalier), les exploitations étaient par conséquent de tailles plus variées.

Métier	Structure	Production agricole	Temps	Commentaires
Animateur-rice national	MAAF		1 :50	
Animateur-rice national	MAAF		1 :20	Visioconférence
Animateur-rice national	MNHN		2 :12	Visioconférence
Animateur-rice national	MNHN		2 :30	
Animateur-rice national	MNHN		2 :03	Visioconférence
Animateur-rice national	APCA		1 :28	Visioconférence
Animateur-rice local	Chambre agriculture		1 :16	
Animateur-rice local	Chambre agriculture		1 :06	Téléphone
Animateur-rice local	Chambre agriculture		0 :46	Téléphone
Animateur-rice local	Chambre agriculture		1 :41	
Animateur-rice local	Association naturaliste		2 :42	
Animateur-rice local	CPIE		0 :59	Téléphone
Animateur-rice local	LPO		0 :58	Téléphone
Animateur-rice local	Fédération de chasse		0 :55	Téléphone
Animateur-rice local	Fédération de chasse		0 :52	Téléphone
Animateur-rice local	Coopérative		0 :54	Visioconférence
Animateur-rice local	Coopérative		0 :30	Visioconférence
Animateur-rice local	Coopérative		0 :54	Téléphone
Animateur-rice local	Collectif Vignerons		0 :50	Téléphone
Animateur-rice local	Communauté de Communes		0 :46	Téléphone
Agriculteur-rice		Grande culture et semences maraichères	2 :37	
Agriculteur-rice		Maïs irrigué et arboriculture	1 :37	Visite d'exploitation et des protocoles
Agriculteur-rice		Maïs irrigué	2 :02	Visite d'exploitation et des protocoles
Agriculteur-rice		Grande culture	1 :01	Réalisation protocole vers de terre
Agriculteur-rice		Grande culture et viticulture	1 :18	
Agriculteur-rice		Élevage allaitant	0 :37	Téléphone
Agriculteur-rice		Élevage allaitant	0 :43	Téléphone
Agriculteur-rice		Élevage allaitant	1 :23	
Agriculteur-rice		Viticulture	1 :15	
Agriculteur-rice		Grande culture	1 :43	
Agriculteur-rice		Polyculture et élevage laitier	1 :26	
Agriculteur-rice		Arboriculture	1 :27	Visite d'exploitation et des protocoles

TABLEAU 3.1. – Liste des entretiens réalisés. Il est mentionné en commentaires si l'entretien a été réalisé en visioconférence, par téléphone et si celui-ci a été suivi d'une visite d'exploitation et des protocoles de l'OAB.

Cependant suite aux premiers entretiens dans l'Allier, j'ai réalisé que l'OAB n'était pas structurant dans l'activité des agriculteur·rices, en termes de temps et d'enjeux et peu susceptible à lui-seul d'engager des changements de pratiques. Alors qu'à l'inverse il demande un engagement plus important de la part des animateur·rices locaux. J'ai donc cherché à approfondir la pratique de ces protagonistes. Ainsi quatorze entretiens avec des animateur·rices locaux ont été menés, de territoires et de structures divers pour découvrir des situations variées et au sein de réseaux réalisant les protocoles de l'OAB depuis au moins trois ans, ayant ainsi un peu d'expérience et de recul. Une grande partie de ces entretiens ont été réalisés par téléphone ou visioconférence à cause des restrictions sanitaires dues au COVID-19. Cette méthode d'entretien a aussi l'avantage pratique d'effacer les distances et de permettre d'échanger avec des personnes dispersées en France sans préoccupation logistique pour un entretien en face-à-face. Certains auteurs mettent en avant l'entretien téléphonique, celui-ci fixant l'attention sur l'audition et permettant une prise de note plus "décomplexée"

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

et un rapport de proximité car teinté d'anonymat (LECHUGA 2012; LECONTE 2019). Je dois noter que mon ressenti sur le sujet est mitigé. S'il est vrai que les entretiens à distance offrent de nombreux avantages logistiques, j'ai rapidement perçu les limites de cette méthode : les entretiens pouvaient quelques fois être plus courts, la relation de confiance était plus difficile à instaurer sans les échanges de regards attentifs et j'avais le sentiment d'être moins habile pour conduire l'entretien tout en laissant mon interlocuteur s'exprimer librement. Ce constat est possiblement dû à ma découverte de ce type d'entretien auquel j'ai dû m'habituer, les derniers entretiens menés étant plus satisfaisants. Enfin, il est possible que dans le secteur agricole les entretiens en direct soient préférés : deux entretiens téléphoniques ont été menés avec des agriculteurs (du fait de la pandémie) sans que ceux-ci soient aussi satisfaisants qu'une rencontre en direct dans l'exploitation. J'ai donc privilégié cette méthode d'entretien pour les entretiens avec les animateur·rices locaux, en proposant si possible une visioconférence (afin d'avoir un contact visuel). Enfin six entretiens ont été réalisés avec des personnes, présentes et passées, de l'animation nationale de l'OAB, au sein du Muséum, de l'APCA et du Ministère.

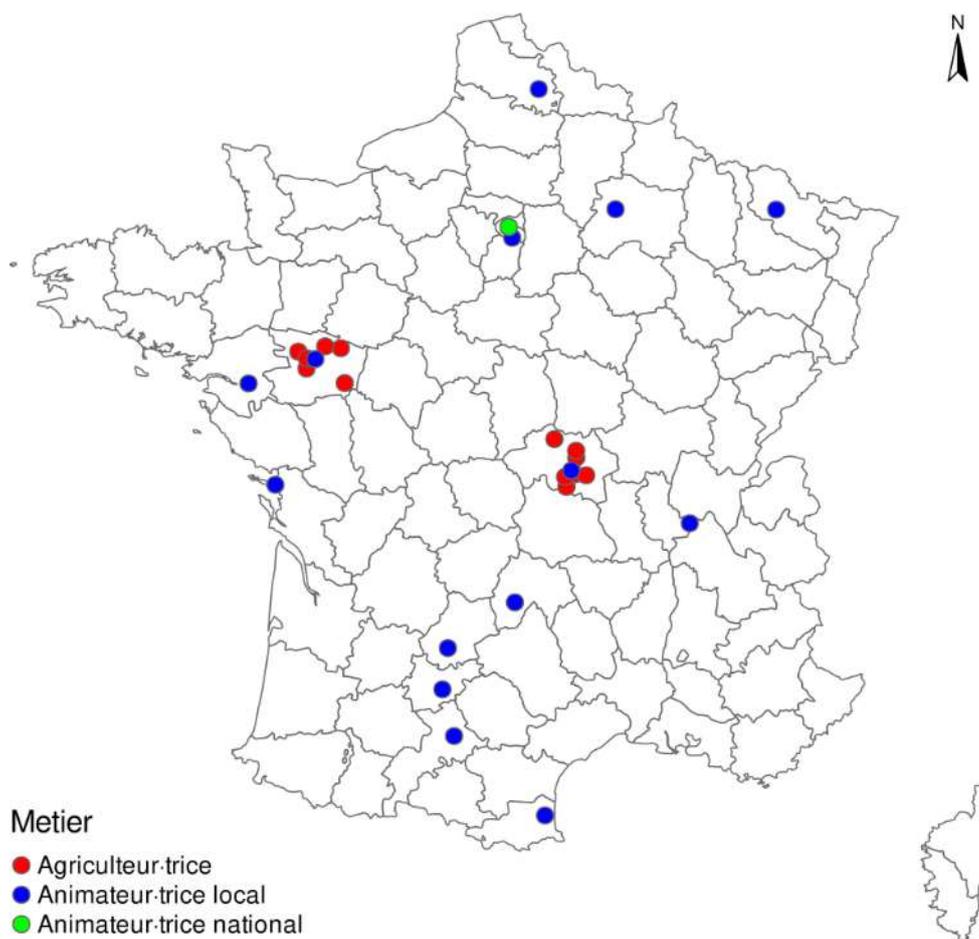


FIGURE 3.1. – Carte des entretiens réalisés, en fonction des métiers.

Ces entretiens représentent la majeure partie des données. Celles-ci sont complétées par la participation à différents ateliers et réunions autour de l'OAB : comité de pilotage, groupes de travail, journée nationale du réseau, présentation des résultats des analyses, etc. L'ensemble de ces moments est fourni dans le tableau 3.2. Un cahier de note était tenu pour garder trace de ces réunions. La tenue de ce cahier fut mixte entre d'une part le recueil des discussions et les questions soulevées lors de ces réunions, et d'autre part comme un outil me permettant garder trace de certains éléments qui me faisaient réagir. Ces données sont complétées d'éléments documentaires sur l'OAB : comptes-rendus des comités de pilotages, bilans nationaux, lettres d'informations, etc.

3.4.2 Des entretiens complémentaires entre eux

Les entretiens ont été menés afin de recueillir la perception de l'OAB à différentes échelles, des agriculteur·rices jusqu'à l'animation nationale et ministérielle. Dans les

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

Réunions	Objet	Acteurs présents	Posture
Comité de pilotage 2018	Actualités du semestre et prise de décision	Têtes de réseau et animation nationale	Présentateur et observateur
Comité de pilotage 2019	Actualités du semestre et prise de décision	Têtes de réseau et animation nationale	Observateur
Comité de pilotage 2019	Actualités du semestre et prise de décision	Têtes de réseau et animation nationale	Observateur
Comité de pilotage 2020	Actualités du semestre et prise de décision	Têtes de réseau et animation nationale	Présentateur et observateur
Comité de pilotage 2020	Actualités du semestre et prise de décision	Têtes de réseau et animation nationale	Présentateur et observateur
Comité de pilotage 2021	Actualités du semestre et prise de décision	Têtes de réseau et animation nationale	Présentateur et observateur
Journée nationale des sites de démonstration 2019	Bilan annuel de l'OAB, exemples de réseau, présentation des avancées scientifiques, prospective sur de nouveaux protocoles	Lycées agricoles, chambres d'agriculture et animation nationale	Présentateur et observateur
Journée nationale des sites de démonstration 2020	Bilan annuel de l'OAB, exemples de réseau, présentation des avancées scientifiques, prospective sur la valorisation locale des données	Lycées agricoles, chambres d'agriculture et animation nationale	Présentateur et observateur
Journée nationale des sites de démonstration 2021	Bilan annuel de l'OAB, exemples de réseau, présentation des avancées scientifiques	Lycées agricoles, chambres d'agriculture et animation nationale	Présentateur et observateur
Journée nationale des animateurs 2021	Échanges et retours d'expérience	Animateur-rices nationaux et locaux	Observateur
Atelier "boîte à outils" pour l'enseignement agricole	Développement d'outils pour la valorisation des données par les lycées agricoles	Lycées agricoles	Observateur
Journée de présentation au réseau ARBRE	Présentation de l'OAB et de ses résultats. Réalisation des protocoles	Conseillers agricoles	Présentateur
Webinaire OAB	Présentation des résultats scientifiques de l'OAB	Participants divers de l'OAB	Présentateur
Webinaire OAB	Séminaire sur la biologie des papillons observables dans l'OAB	Participants divers de l'OAB	Observateur
Comité AGATA	Présentation des résultats scientifiques de l'OAB	Entreprises de l'agroalimentaire	Présentateur et observateur
Séminaire de l'Office Français de la Biodiversité	Présentation des résultats scientifiques de l'OAB	Agents de l'OFB	Présentateur

TABLEAU 3.2. – Liste des événements suivis, comme observateur (n'ayant pas de rôle particulier), présentateur (montrant les résultats des recherches) ou les deux (selon le moment durant l'évènement). L'objet de l'évènement ainsi que les personnes présentes sont détaillés.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

entretiens avec les agriculteur·rices j'ai exploré avec eux/elles la mise en place de l'OAB (réalisation des protocoles, description des moments d'observation, . . .), son intégration dans les pratiques (y avait-il un questionnement sous-jacent à l'observation? pourquoi participer? comment l'information apportée est-elle mobilisée? . . .), l'importance du réseau local (animation, groupes de pratiques) mais également le fonctionnement global de l'exploitation (les évolutions en cours et envisagées, les objectifs futurs, etc.) en particulier l'intégration de la biodiversité dans les pratiques. Certains entretiens ont pu se terminer avec une visite de l'exploitation et des protocoles, ainsi que par la participation à la réalisation d'un protocole. Le guide d'entretien avec les animateur·rices locaux s'est concentré sur la dynamique du réseau local : pourquoi proposer l'OAB aux agriculteur·rices, quel contexte autour, comment l'animateur·rice mobilise l'OAB dans sa pratique et dans l'animation territoriale, etc. Avec l'animation nationale, l'entretien s'est focalisé sur l'histoire de l'OAB, son évolution, la stratégie d'animation, les liens avec d'autres organismes, le rôle des différentes institutions d'animation, etc. L'échantillonnage fut ainsi complémentaire dans les participants rencontrés et leur échelle d'action. Enfin, dans l'ensemble des entretiens (sauf ceux téléphoniques) j'ai discuté de quelques résultats issus des analyses (tendances nationales de la biodiversité et leurs corrélations avec certaines pratiques) de l'OAB. Je présentais des graphiques (annexe A), en expliquant seulement la lecture des figures mais sans amener d'interprétation. L'objectif était de recueillir la réaction des personnes à ces analyses et comprendre ce qu'elles pouvaient en tirer dans leurs pratiques.

Par ailleurs, les différentes réunions ont permis d'observer des discussions de participants et d'animateur·rices sur des sujets divers : dans des ateliers de travail sur le développement de l'OAB, les comités de pilotage, en réaction à la présentation des analyses des données de l'OAB, etc. Ces expériences complètent l'enquête par un matériau plus hétérogène, mais ouvrant l'espace des regards sur l'OAB.

3.5 Analyse des données qualitatives

3.5.1 Codage multithématique

Tous les entretiens ont été retranscrits intégralement afin de garder trace des données brutes. J'ai effectué cette retranscription presque intégralement, seuls les derniers entretiens réalisés en mars 2021 auprès des agriculteur·rices du réseau ARBRE ont été retranscrits par une prestation extérieure. Il était important d'en réaliser la majeure partie car c'est une phase importante d'appropriation des entretiens. Cette retranscription a permis ensuite de conduire une analyse de contenu sur l'ensemble des données brutes.

Dans un matériau riche et hétérogène comme peuvent l'être des entretiens, il est toujours possible de retrouver des éléments pour venir satisfaire une théorie,

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

qui se veut par définition générale et abstraite. Il est donc facile de confirmer une théorie élaborée en amont de l'analyse. Celle-ci focalise l'attention sur les éléments du matériau permettant de la valider, tout en nous faisant ignorer les possibles éléments contradictoires. C'est ce qu'on appelle un *risque de circularité*. Pour éviter cela, il faut opérer un traitement du matériau qualitatif qui soit au moins partiellement indépendant des cadres théoriques de départ. La méthode d'analyse mobilisée est le codage thématique du matériau, consistant à découper ce dernier en unité de sens que l'on regroupera pour faire émerger des concepts. Néanmoins, je rejoins les constats de AYACHE et DUMEZ (2011) sur l'impossibilité en pratique d'un codage "pur" issu de la théorisation ancrée, qui a l'ambition de faire ressortir les concepts à partir d'un découpage très fin du matériau (encadré 6). Le codage n'est qu'un outil pour un travail de constitution de ressemblances et de dissemblances entre les discours. J'ai ainsi adopté une méthode qualifiée de *codage multithématique* (AYACHE et DUMEZ 2011; DUMEZ 2016). Il s'agit de quadriller le matériau par des thèmes hétérogènes, issus de la méthodologie, de la théorie et du matériau lui-même, et se recoupant, afin de classer les extraits d'entretiens dans des catégories différentes. Le codage repose alors sur trois principes :

1. Prendre un nombre suffisant de thème pour éviter de structurer prématurément l'analyse;
2. Chercher l'hétérogénéité des thèmes et de leur source (matériau, théorie, etc.);
3. Rechercher le recoupement possible des thèmes (facilité par le nombre et l'hétérogénéité).

Cela force le chercheur à regarder des extraits d'entretiens à travers des "ressemblances/différences" et donc à changer de manière de voir le matériau. L'aller-retour entre matériau et théorie amène ensuite à enrichir le codage par d'autres thématiques, théoriques ou venant du terrain. Cette pratique du codage à un niveau intermédiaire entre le matériau et la théorie a une dimension de bricolage. C'est justement ce bricolage qui permet d'éviter le risque de circularité.

Encadré 6 : Complément sur la théorisation ancrée et la critique du codage "pur"

Cet encadré amène quelques compléments sur la vision du codage portée par AYACHE et DUMEZ (2011).

La démarche classique de la théorisation ancrée est : partir de la richesse du matériau; la simplifier en la découpant en unité de sens (paragraphe, phrase, expression...); attribuer un nom (une "étiquette") à chaque unité de sens; regrouper ces noms; et saturer les groupes pour former des concepts. Enfin, on cherche les relations entre les concepts pour former une théorie.

Or, les concepts ne préexistent pas en soi, avant les relations qui les unissent

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

et les constituent en théorie (DUMEZ 2011). Les concepts sont définis par les relations qu'ils entretiennent les uns avec les autres. Les auteurs illustrent cette idée via l'équation d'Einstein, $E = MC^2$: les concepts d'énergie et de masse se trouvent redéfinis par la relation posée. Ils étaient auparavant définis par d'autres relations. Ces concepts n'existaient pas auparavant en soi, l'énergie étant définie de son côté, la masse de l'autre, et les deux étant mises ensuite en relation. L'idée que l'on va extraire du matériau des choses qu'on va mettre sous une même étiquette, que celle-ci va se transformer en concept parce qu'on va en donner une définition substantielle, qu'ensuite on va mettre en relation avec d'autres concepts issus d'autres étiquettes pour élaborer une théorie reflète une approche naïve de la démarche de conceptualisation et de théorisation. Cela se combine à des méthodes presque scientifiques de double codage cherchant la rigueur dans le recouvrement de codage indépendant. Alors même que dans un souci de réduction de la circularité, c'est plutôt le non-recouvrement qui pourrait intéresser.

Le codage est un travail de réflexion sur des systèmes possibles de ressemblances, il cherche à constituer des séries pour mieux comprendre le matériau qualitatif. En cela c'est un étiquetage. Mais la théorisation ancrée se fourvoie en voulant transformer les étiquettes en concept en les fusionnant. Le codage reste un instrument pour mettre en série et quadriller le matériau.

La seconde limite de la théorisation ancrée est l'idée qu'à une unité de sens ne peut correspondre qu'une seule étiquette. Or dans la réalité, tout objet appartient évidemment à plusieurs catégories. A la place de valoriser la richesse du matériau, on finit par ne déterminer qu'un seul système de ressemblance, simplifié sous un seul nom et des catégories générales. D'où l'insistance des auteurs sur le travail sur les ressemblances et dissemblances afin, de permettre de rapprocher des séries d'unités de sens avec d'autres. On cherche une montée en généralité minimale et des différences les plus faibles possibles, mais ayant quand même une réelle signification. C'est ainsi qu'on valorise la richesse du matériau qualitatif.

Entre le matériau brut et la théorie, le codage a une dimension de bricolage. Et il est dangereux de vouloir le rendre plus rigoureux, généralement on accroît le risque de circularité qui nous fait croire en une validation du modèle théorique, alors qu'on a défini nos catégories à partir de ce dernier. Ce bricolage doit permettre l'analyse la plus approfondie et complète du matériau en étudiant les ressemblances et dissemblances des unités de sens.

Il est alors important de donner des exemples concrets de codage pour rendre compte de sa méthodologie, d'expliquer comment le risque de circularité est

géré et enfin ce que le codage a permis de révéler d'inattendu par rapport aux questions de travail.

3.5.2 Le codage en pratique

En pratique, j'ai commencé par une première exploration des entretiens à travers leurs retranscriptions puis par une première lecture en attention flottante (lecture sans porter d'attention à des aspects particuliers du matériau; DUMEZ 2016). Puis treize thèmes ont été déterminés afin de découper le matériau. Ils ont été choisis pour des approches différentes (tableau 3.3). Trois thématiques viennent de considérations théoriques, sur l'appropriation des outils de gestion et sur les contraintes et influences institutionnelles pouvant orienter les pratiques et leurs évolutions. Les autres thématiques proviennent de la lecture préalable des entretiens et des sujets identifiés. Deux d'entre elles concernent l'environnement général autour de l'entretien afin de cerner le contexte politique (territorial ou institutionnel) et comment l'interviewé conçoit son action. Trois thématiques portent directement sur l'OAB, l'origine et le fonctionnement du réseau, les protocoles et les échanges facilités par le programme. En lien, deux autres thématiques traitent du savoir naturaliste, de l'observation de la biodiversité par les participants mais également des questionnements autour de la biodiversité. Enfin, trois thématiques s'adressent aux "changements de pratiques", les évolutions en cours, l'origine et l'adoption des innovations (agronomiques et institutionnelles).

L'analyse des ressemblances et dissemblances s'est faite à l'intérieur de ces thématiques, mais également entre elles. Par exemple, la comparaison des rapports des agriculteur-rices à la biodiversité a permis de montrer des conceptions différentes de sa protection : pour certain.e.s c'est un signe de "travail bien fait", la biodiversité ayant une valeur surtout patrimoniale; pour d'autres c'est une vraie alliée qu'il faut aider et préserver pour produire (chapitre 7). Par ailleurs, la comparaison des thématiques a fait ressortir le paradoxe entre une volonté d'appropriation normative de l'OAB afin de produire des guides de gestion et une interprétation locale des observations beaucoup plus "profane" (chapitre 6). L'utilisation de sous-thématiques basées sur la théorie de l'appropriation des outils de gestion a permis de confronter cette littérature aux thématiques issues du terrain.

Conclusion du chapitre 3

Dans ce chapitre j'ai justifié de l'intérêt d'associer les sciences de gestion l'écologie pour interroger le fonctionnement de l'OAB. L'OAB est une solution proposée pour intégrer la biodiversité dans les pratiques agricoles, mais il s'agit de reconnaître l'incertitude inhérente à son utilisation dans nos organisations. Dans une approche

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

Thématique	Origine	Description de la thématique (sous-thématiques possibles)
Appropriation de l'OAB	Théorie (outils de gestion)	Indice d'appropriation (cognitive, rationnelle, socio-politique, symbolique) de l'OAB
Agriculture et société	Théorie (néo-institutionnelle)	Place de l'agriculture et de ses métiers dans la société. Attentes et pression de la société
Contraintes sur le métier	Théorie (néo-institutionnelle)	Règles, normes, pressions, incertitudes économiques, etc., qui contraignent la pratique du métier et le fonctionnement des exploitations
Démarche d'observation	Place de la biodiversité et du savoir naturaliste (théorie et observations)	Descriptions des observations faites sur l'environnement et la biodiversité : évolution du regard, apprentissage naturaliste, dans quelles conditions se font les observations (protocoles OAB, emplacement sur la ferme, etc.)
Questionnements et interprétations naturalistes	Place de la biodiversité et du savoir naturaliste (théorie et observations)	Interrogations sur la biodiversité, d'où proviennent les réponses et comment elles sont produites. Moyens mobilisés pour aller chercher l'information
Évolution de l'agriculture	Changement de pratiques (observations)	Projets futurs et vision de l'évolution de l'agriculture
Expérimentations et adoption d'innovations	Changement de pratiques (observations)	Nouvelles pratiques (agronomiques, organisationnelles, institutionnelles, etc.) : origine de l'innovation, processus d'adoption, etc.
Questionnements agronomiques	Changement de pratiques (observations)	Sur l'utilisation des intrants chimiques (phytosanitaires, fertilisation...), le travail du sol, les couverts végétaux, etc.
Le réseau OAB	Fonctionnement de l'OAB (observations)	Fonctionnement du réseau de l'OAB : dynamique locale et lien avec l'animation nationale (ou inversement), origine du réseau, enrôlement des participants, évolution future,...
Les protocoles de l'OAB	Fonctionnement de l'OAB (observations)	Commentaires sur les protocoles de l'OAB et le site web de saisie des données
L'OAB comme facteur d'échanges	Fonctionnement de l'OAB (observations)	Comment l'OAB met en place des situations d'échanges entre les acteurs : liens avec d'autres programmes, communication sur l'OAB, échanges entre des personnes ou des institutions, etc.
Contexte territorial	Contexte général (observations)	Commentaires généraux de contexte et de politique au niveau du territoire
Le métier de l'observateur	Contexte général (observations)	Conception de son métier (éthos de travail)

TABLEAU 3.3. – Thématiques mobilisées pour le codage qualitatif avec leur origine (théorique ou du matériau) et une rapide description.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative

pragmatique et de recherche-intervention je laisserai une place importante aux conséquences pratiques des résultats et aux ressentis des individus. La méthodologie générale fusionne ainsi l'analyse des données de l'OAB et leur confrontation au terrain, les entretiens avec des participants, les observations dans des réunions et enfin mon ressenti personnel dans l'intervention.

Pour finir, la démarche générale et son évolution au cours de la thèse est résumée en conclusion dans la figure 3.2, qui illustre le dialogue entre les analyses écologiques et l'enquête sociologique, ainsi que la transformation des questionnements, axés au départ sur les changements de pratiques agricoles avant de se focaliser sur une compréhension plus fine de l'OAB, son appropriation et les savoirs produits.

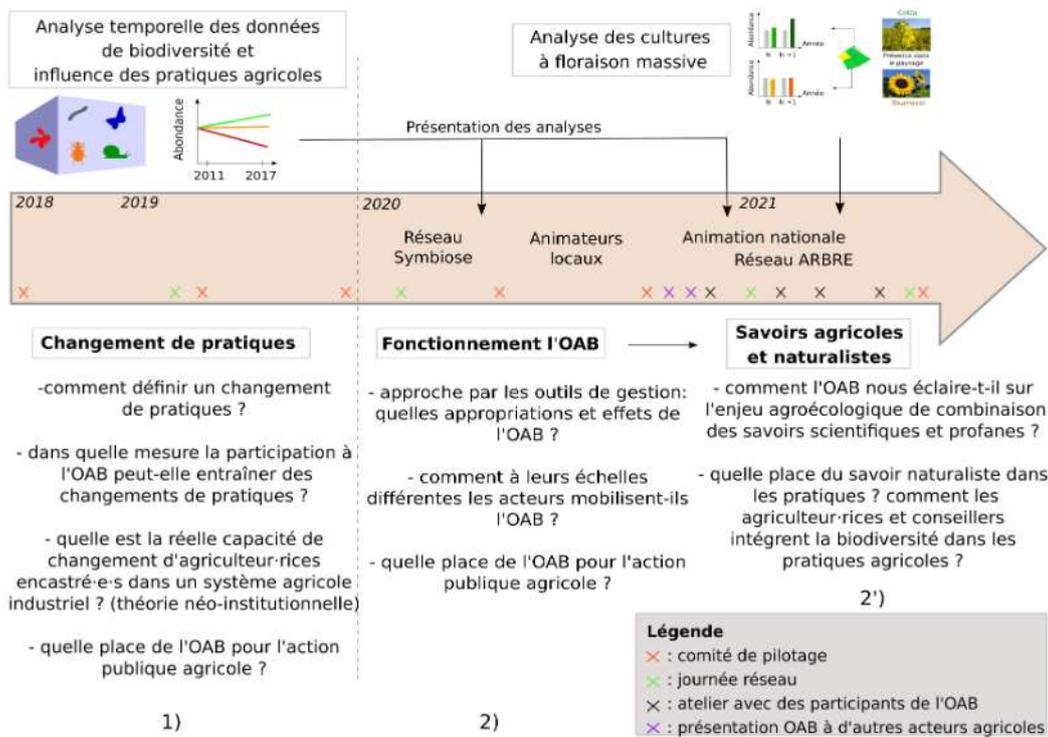


FIGURE 3.2. – Évolution de la démarche et des questionnements au fil de la thèse. Les interrogations sur les changements de pratiques agricoles (1) se sont finalement focalisées au fil des entretiens, des réunions et de la confrontation des analyses de données au terrain, sur une compréhension plus fine de l'appropriation et de l'utilisation de l'OAB (2). Les premiers résultats sur l'OAB ont enfin ouvert des questionnements sur les connaissances (2'), d'une part sur la place du savoir naturaliste dans les pratiques agricoles, d'autre part sur la combinaison entre savoir scientifique et profane.

3. Démarche générale, épistémologie et méthodologie qualitative



Papillon Paon du jour

Deuxième partie

Observer pour étudier : apports des données de sciences participatives pour documenter les liens entre la biodiversité, les pratiques agricoles et le paysage

Dans cette partie nous irons plus en détails dans les analyses menées à partir de la base de données de l'OAB. Le premier chapitre présentera l'analyse des tendances temporelles de la biodiversité agricole observée. Nous verrons comment nous avons décrit ces tendances et testé leurs liens avec les pratiques agricoles et le paysage entourant la parcelle.

Puis, le second chapitre sera l'occasion d'approfondir l'influence du paysage en étudiant les corrélations entre la surface des cultures à floraison massive (*mass flowering crops*, MFC), comme le colza ou le tournesol, autour des parcelles et l'observation des abeilles solitaires. Nous étudierons les effets des MFC temporellement, en prenant en compte l'abondance à la fois durant l'année en cours mais aussi l'année suivante, par exemple pour illustrer une répercussion sur le succès de reproduction des abeilles solitaires.

Ces deux chapitres ont fait l'objet de publications (publiée pour la première, en cours de révision pour la seconde) dans des journaux scientifiques. Les chapitres se composeront donc d'une introduction générale présentant à grands traits l'analyse avant de laisser place à la publication.

4 Relier les tendances temporelles de la biodiversité avec les pratiques agricoles et le paysage

L'objectif de cette étude est d'évaluer les tendances temporelles de la biodiversité observée dans l'OAB et de tester leurs corrélations avec les pratiques agricoles et le paysage autour de la parcelle. Pour des questions pratiques relatives au nettoyage de la base de données, cette première étude s'est focalisée sur la période 2011-2017. Cependant l'objectif sera de la réactualiser en intégrant progressivement les données récoltées les années suivantes. Sans rentrer dans le détail de l'étude, dont l'article sera présenté plus tard, nous donnerons néanmoins quelques points importants de méthodologie et de résultats.

4.1 Produire des tendances temporelles en abondance de la biodiversité agricole

4.1.1 Détails méthodologiques : indice de biodiversité, caractérisation des pratiques et modélisation

Nous avons étudié les tendances en abondance de la biodiversité, prenant en compte simplement l'abondance totale de chaque groupe taxonomique (abeilles solitaires, vers de terre, papillons, carabes, papillons), sans distinguer les espèces au sein de chaque groupe. Cela s'explique par la faible résolution taxonomique de l'identification dans les protocoles participatifs. Dans un premier temps, nous sommes donc restés à l'échelle de l'abondance totale. Cette mesure reste néanmoins sensible aux variations temporelles et aux changements environnementaux (PEREIRA et al. 2013).

Concernant les pratiques, l'utilisation d'intrants est analysée par le "nombre de passages" qui est l'information renseignée de manière obligatoire dans l'OAB. La quantité de produit appliquée, information plus précise, était quant à elle trop faiblement indiquée (seulement un tiers des participants). Par ailleurs, pour caractériser les pratiques agricoles nous avons dû résoudre un problème de forte corrélation entre les

4. Relier les tendances temporelles de la biodiversité avec les pratiques agricoles et le paysage

utilisations des différents types de pesticides et de fertilisation. De manière générale, avec quelques variations selon les types de cultures, les parcelles présentant un grand nombre de passages en insecticides sont aussi celles utilisant plus d'herbicides, de fertilisation minérale, etc. Afin de dépasser ce problème statistique nous avons synthétisé ces informations en quelques variables. Deux méthodes ont été employées et comparées : d'une part en sommant les pesticides entre eux pour avoir trois variables qui sont le nombre de passage total en pesticides, en fertilisation minérale et en fertilisation organique; d'autre part en mobilisant les premiers axes d'une analyse multivariée, le premier axe caractérisant l'utilisation de pesticides et de fertilisation minérale, le deuxième axe le nombre de passages en fertilisation organique. Enfin, pour chaque type de culture, certaines pratiques sont également mobilisées dans l'analyse : travail du sol en grande culture, enherbement de l'inter-rang en viticulture et arboriculture, la gestion (fauche, pâture, mixte) de la prairie, etc.

Pour le paysage, les données renseignent la présence/absence d'un grand nombre d'éléments de bordure ou de milieux adjacents. Pour résumer cette information, nous avons également mené une analyse multivariée qui a dégagé un axe caractérisant la présence d'éléments boisés (forêt et lisière) et non corrélé aux autres éléments. Nous avons donc utilisé cette information.

L'étude statistique a été menée par la réalisation de modèles linéaires généralisés mixtes cherchant à expliquer l'abondance en fonction des variables environnementales. En particulier, les modèles ont été construits pour analyser les interactions entre la variable temporelle (année) et les pratiques/paysages.

4.1.2 Résultats et discussion : des tendances inquiétantes mais qui soulèvent des pistes d'amélioration

Nous avons détecté des tendances temporelles pour de nombreux groupes taxonomiques et dans plusieurs types de cultures. Dans certains cas, nous avons observé également une corrélation négative avec l'utilisation d'intrants chimiques : à titre d'illustration, l'abondance des abeilles solitaires diminue dans les grandes cultures dans les parcelles les plus intensives, alors que la tendance reste stable voir légèrement positive dans les parcelles utilisant le moins de pesticides et/ou de fertilisation minérale. Tout en étant préoccupant, cela révèle également que des changements de pratiques pourraient infléchir cette baisse. Plusieurs résultats sont par ailleurs cohérents avec des effets déjà connus, par exemple l'effet négatif du travail du sol sur les vers de terre. Tout n'est cependant pas évident à interpréter, par exemple les tendances de carabes en grande culture et arboriculture sont corrélées positivement avec l'utilisation d'intrants chimiques sans que nous sachions l'expliquer. En effet, l'ensemble des résultats sont des corrélations et non des causalités, nous constatons des liens dans les données sans pouvoir cependant tester directement des mécanismes (mais nous émettons des hypothèses au regard des connaissances actuelles).

4. Relier les tendances temporelles de la biodiversité avec les pratiques agricoles et le paysage

Malgré les limites méthodologiques sur la précision des indices écologiques ou agronomiques utilisés, cette étude montre l'intérêt des sciences participatives pour mener des recherches sur de grandes échelles spatiales et temporelles. Elle permet de donner des tendances à l'échelle française, ce qui avait encore rarement été fait sur la biodiversité agricole.

4.2 Article



Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices

Olivier Billaud | Rose-Line Vermeersch | Emmanuelle Porcher

Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France

Correspondence

Olivier Billaud

Email: olivier.billaud@edu.mnhn.fr

Funding information

Credit Agricole sponsorship

Handling Editor: Michael Pocock**Abstract**

1. Agricultural intensification is often recognized as a major driver of the decline of wild biodiversity in farmland. However, few studies have managed to collect relevant data to link the temporal dynamics of farmland biodiversity to the characteristics of intensive agriculture over large geographical areas.
2. We used 7 years of data from a French citizen science programme, wherein 1,216 farmers monitored biodiversity in 2,382 fields encompassing field crops, meadows, vineyards or orchards, to examine the temporal trends in abundance of five taxonomic groups of invertebrates (solitary bees, earthworms, butterflies, beetles, molluscs) and their links with agronomic practices and surrounding landscape.
3. We observed significant temporal trends in abundance for many taxonomic groups and in many crop types. Flying taxa (solitary bees and butterflies) were generally declining, while the trends of soil taxa were more variable. Most trends were significantly related to farming practices or landscape features. We observed a negative link between use of synthetic inputs (pesticides, mineral fertilization) and the trend in abundance of flying taxa in field crops, while in meadows organic or mineral fertilization was the main explanatory practice, with contrasting relationships across taxonomic groups. Besides, the trend in abundance of beetles and molluscs was more positive in permanent versus temporary meadows. Finally, in vineyards, the trend in abundance of solitary bees was positively related to the presence of woodland in the landscape, whereas the reverse was true in meadows.
4. *Synthesis and applications.* Our results provide further support for the role of citizen science as a promising source of large-scale spatial and temporal data in farmland, contributing to the identification of agronomic practices that can help mitigate biodiversity decline. Our analyses suggest that reducing chemical inputs may not only reduce the decline in bees and butterflies, but sometimes even promote their regrowth. Increasing organic fertilization may foster bee and beetle abundance in meadows but reduce mollusc abundance, while preventing ploughing of meadows may promote soil invertebrate abundance. Finally, such citizen science programmes engage farmers to undertake monitoring. Whether such group

engagement may also contribute to biodiversity conservation by raising farmers' awareness remains to be addressed.

KEYWORDS

bees, beetles, butterflies, earthworms, fertilization, landscape, molluscs, pesticides

1 | INTRODUCTION

Agricultural intensification is recognized as a major driver of the current biodiversity decline for insects (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019; Seibold et al., 2019), birds (Stanton, Morrissey, & Clark, 2018) or soil biota (Ponge et al., 2013). Different mechanisms may explain this agriculture-driven biodiversity loss, including non-target effects of pesticides (Zaller & Brühl, 2019), fertilization (Haddad, Haarstad, & Tilman, 2000), tillage (Roger-Estrade, Anger, Bertrand, & Richard, 2010), landscape simplification and homogenization (Gamez-Virues et al., 2015), etc. However, proving a causal link between practices and biodiversity is often challenging.

Several limitations of studies relating biodiversity to farming practices are responsible for this lack of conclusiveness. First, such studies are often restricted in space and time or focus on specific taxa, which hampers generalization (see Cardinale et al., 2011 for a review). In contrast, the few studies that benefit from large-scale, long-term biodiversity monitoring data have limited information on agronomic practices. For instance, Hallmann et al. (2017) could only speculate on the role of agriculture in the massive decline in insect biomass, because they lacked accurate data on agriculture. Second, most studies measuring the impacts of potential drivers assume space-for-time substitution (SFT). SFT can be relevant to study the effects of slow environmental changes, by comparing systems at different stages of development (Pickett, 1989). Such approach assumes that the temporal dynamics of the sites can be ignored and that spatial patterns are due to different ecological equilibria (Damgaard, 2019). These assumptions are true only when ecological processes are quick compared to environmental changes (Damgaard, 2019), which may not apply for biodiversity dynamics in rapidly changing agroecosystems (Jackson & Blois, 2015; Kratz, Deegan, Harmon, & Lauenroth, 2003).

To our knowledge, only a handful of studies addressing the impacts of agricultural practices on biodiversity included a true temporal dimension. Among them, Hallmann, Foppen, van Turnhout, de Kroon, and Jongejans (2014) linked the introduction of neonicotinoids to a negative trend in insectivorous bird populations by comparing different periods of surveys (before/after). Berger et al. (2018) observed a relationship between changes in glyphosate application modes and amphibian migration. Finally, Seibold et al. (2019) showed a general decline of arthropods driven by land-use intensification at large spatial extent. These temporal approaches to elucidate the role of agriculture in biodiversity changes are few because they require gathering temporal and spatial data at large scales, which is labour and time intensive. A way to solve this problem may be to capitalize on the recent expansion of citizen science for biodiversity

monitoring, which can involve geographically dispersed observers during several years (Chandler et al., 2017).

In this article, we rely on a citizen science programme designed for farmers to study temporal trends in abundance of several taxonomic groups (solitary bees, earthworms, molluscs, beetles and butterflies). We investigated how the temporal trends in abundance of these groups are correlated with both agronomic practices and surrounding landscape. Documenting such relations may help identify possible levers for the conservation of invertebrates in farmland, through changes in agricultural practices.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 | Citizen science to monitor farmland biodiversity

The farmland biodiversity observatory (FBO) is a French citizen science programme launched in 2011, wherein 1,216 farmers monitored biodiversity in 2,382 fields, thereby ensuring a good representation of the diversity of farming practices and crop distribution across France (Figure S1a). Four types of crops are monitored: field crops (1,515 fields), meadows (705 fields), vineyards (538 fields) and orchards (240 fields). We used data collected between 2011 and 2017. As in most citizen science programmes, participant turnover is high in FBO, with a mean duration of participation from 1.22 to 1.39 years, depending on the taxonomic group monitored (Figure S1b). However, the number of newly involved farmers each year is relatively stable through time, such that the dataset provides a 'series of pictures' of biodiversity throughout France. Note S1 provides more information on FBO, the farmers involved and ongoing research on how this programme changes farmer perceptions of biodiversity.

2.2 | Biodiversity data

Farmland biodiversity observatory focuses on four taxonomic groups chosen for their interconnections with agriculture: solitary bees (pollination services, Potts et al., 2016; Winfree, Williams, Dushoff, & Kremen, 2007), butterflies (sensitive to changes in land use at the landscape scale, Dover & Settele, 2009; Nilsson, Franzen, & Pettersson, 2013), earthworms (soil fertility, Lemtiri et al., 2014) and soil invertebrates (pests and beneficial organisms, Kromp, 1999; Symondson, Sunderland, & Greenstone, 2002). Monitoring protocols are simple, yet standardized. Observers can access keys to identify

individuals to either functional group or taxonomic rank (genus and sometimes species level). Bee monitoring uses two trap nests of 32 tubes each placed in the field edge, facing south. Observers monitor nest occupancy by counting sealed tubes (Figure S2c). For butterflies, observers walk a 10-min transect (100–300 m) on the field edge, recording all individuals flying in a 5 × 5 × 5 m cube around them (Figure S2a). To monitor soil invertebrates, three wooden cover-boards of 30 × 50 cm are laid on the ground, two at the edge and one at the centre of the plot (at 50 m of the two others; Figure S2b). The observer quickly lifts the board to count all invertebrates; identification focuses on beetles and molluscs but other invertebrates are also reported. Finally, earthworms are sampled through three 1 m² replicates located 6 m apart inside the field. Each replicate is watered twice with 10 L of a mustard solution (Figure S2d). Earthworms expelled to the surface by the irritant solution are collected, counted and sorted into four functional groups: epigeic, black- and red-headed anecic and endogeic (Bouché, 1972).

In FBO, bees were monitored in 1,345 fields, butterflies in 727 fields, soil invertebrates in 807 fields and earthworms in 685 fields (Figure S3 shows the distribution of monitoring protocols across crop types). The number of annual surveys per field varies across protocols. In theory, earthworms are sampled only once in winter or early spring, bees and invertebrates are monitored once a month between February and November and butterflies are monitored five times per year between May and September. However, some observers may skip some of the surveys. To handle this variation in the number of observations per field and year, we did not work on annual summaries of biodiversity data, but chose to use individual surveys. For each group we focused on the total abundance, since most individuals cannot be identified to species level in the monitoring protocols. Moreover, abundance is more sensitive to environmental changes than diversity (Pereira et al., 2013).

2.3 | Practices and landscape data

Farmers also provide information about the landscape surrounding the field and their agricultural practices (Table S1 shows all variables associated with the protocols and crops). Some information is common to all plots: pesticide use (insecticide, herbicide, fungicide, molluscicide, others), fertilization (organic and mineral) and amendment (organic and calcium), which are provided as a number of applications. The surrounding landscape is described via field edge types (wood-fringe, hedge, grassy strip, roadside, ditch, flower strip, crop, other) and neighbouring land use (meadow, wood, urban, pond, crop, other). The field edges described are those close to the trap nests and transect for bees and butterflies; all edges for earthworms and invertebrates. Other information is only relevant for some types of crops: tillage (direct sowing, shallow or deep ploughing) in field crops, management of inter-rows (bare, partly grassy, grassy) in vineyards and orchards and use (mowing, pasture, mix), type (temporary or permanent) and age in meadows. Complementary protocol-specific information includes, distance to the nearest tree

for earthworms, flowers in the crop and edges for butterflies and vegetation height for bees. Soil attributes (earthworms and invertebrates) and weather (butterflies, earthworms and invertebrates) are also collected. We computed degree-day (cumulative sum of temperature over zero) for each day using data from Cornes, van der Schrier, van den Besselaar, and Jones (2018) and the R package CLIMATEEXTRACT (Schmucki, 2020).

2.4 | Multivariate analyses to summarize the diversity of in-field practices and surrounding landscape

Agricultural practices, as well as landscape variables, are often correlated with one another due to the consistency of agronomic systems. To circumvent this problem, we summarized practices and landscape variables with multivariate analyses. We used a principal component analysis (PCA) on fertilization and pesticide use. We considered each crop type separately because they are associated with contrasting production systems that use different amounts and classes of pesticides and fertilization. These differences were easily seen on a PCA on all fields (Figure 1a,b). However, regardless of crop type, we observed the same general pattern in the outputs of the PCA, with the two main axes easily interpreted as a 'chemical treatment axis' (mostly pesticides and mineral fertilization) and an 'organic fertilization' axis, respectively (Figure 1c–f). In the following, we therefore used the coordinates of fields on these axes as two uncorrelated variables describing the diversity of practices (Figure 1c–f).

In the same way, we applied a multiple correspondence analysis (MCA) on binary landscape variables (presence/absence of elements in the edges or neighbouring land use) to summarize landscape diversity around fields. We analysed taxonomic groups separately because protocols differ in the number of surveyed field edges (see above). Nonetheless, for all protocols, one of the two first axes was interpreted as proximity to woodland (Figures S4–S7). The meaning of the other axis was more variable. For bees, butterflies, beetles and molluscs, it singled out the category 'other' of the surrounding landscape and was not easily interpretable. For earthworms, it contrasted the presence of a pond versus adjacent crops (Figures S4–S7).

2.5 | Statistical modelling to correlate temporal trends in group abundance with practices and landscape

To investigate the temporal trends in abundance per taxonomic group and their correlation with farming practices and landscape variables, we used GLMM (Bolker et al., 2009). We assumed a negative binomial distribution of the data to take into account overdispersion. We started from a complete model with year, practice and landscape variables (the latter two being described by the first axes of the multivariate analyses), and their interactions, plus relevant additional

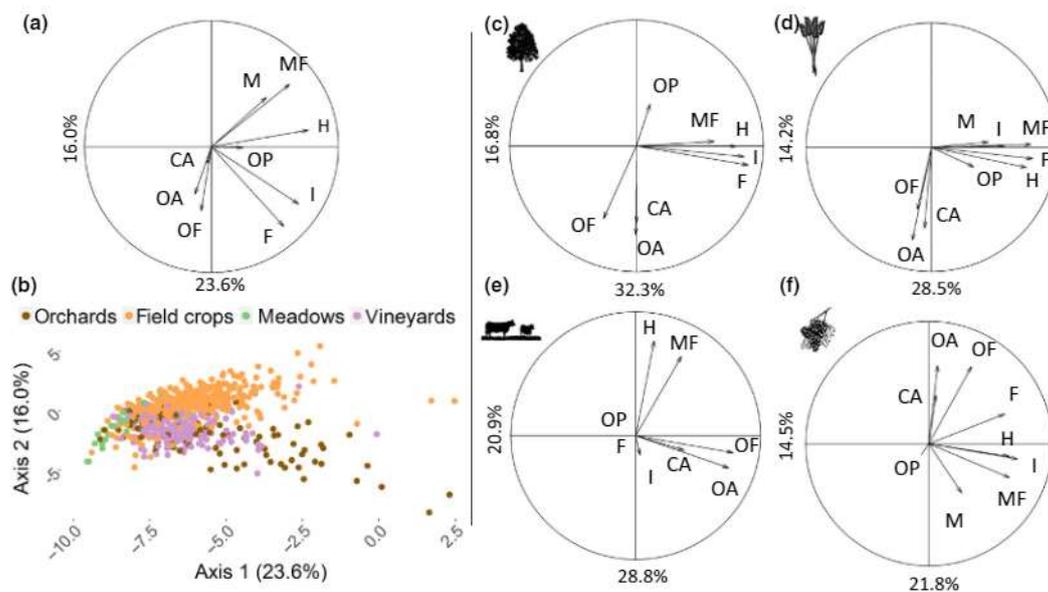


FIGURE 1 Principal component analysis on farming practices over all crop types (a, b) or within crop types (c orchards, d field crops, e meadows, f vineyards). Panels (a) and (c–f) show the correlation circles, with the fraction of variance explained by the first two axes. Abbreviations: H, herbicide; F, fungicide; I, insecticide; M, molluscicide; OP, other pesticides; MF, mineral fertilization; OF, organic fertilization; OA, organic amendment; CA, calcium amendment. Panel (b) shows the distribution of the fields with different crop types along the two axes

Bees	Field crops	Meadows	Vineyards	Orchards
Year, landscape, practices				
Year	-0.21***	-0.13	0.05	-0.38**
MCA1	0.24***	0.19	0.07	0.34
MCA2	n/a	-0.34***	-0.22*	-0.13
PCA1	-0.16*	0.22*	0.16	0.15
PCA2	-0.21**	n/a	n/a	-0.67***
Meadows' use: mix	n/a	0.29	n/a	n/a
Meadows' use: pasture	n/a	-0.73***	n/a	n/a
Inter-rows: partly grassy	n/a	n/a	-0.05	n/a
Inter-rows: bare	n/a	n/a	-0.76**	n/a
Interactions				
Year * PCA1	-0.28***	0.22*	n/a	-0.38**
Year * PCA2	0.15*	n/a	n/a	n/a
Year * MCA1	n/a	-0.19*	0.24***	-0.27*
Year * MCA2	n/a	n/a	-0.16*	0.37**
Covariates				
Degree days	2.05***	2.54***	2.50***	2.13***
Degree days ²	-1.26***	-1.74***	-1.63***	-1.57***
Longitude	0.40***	0.37***	0.39**	0.57***
Latitude	-0.42***	-0.2	n/a	n/a
Vegetation height	0.26***	n/a	0.13*	n/a
Installation date	-0.11*	-0.32***	-0.19*	-0.26
σ^2	3.73	2.68	2.79	2.98
Marginal R^2 /conditional R^2	0.223/0.839	0.289/0.829	0.238/0.801	0.306/0.829

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

TABLE 1 Results of the GLMM models on abundance of solitary bees for each crop type, using the PCA coordinates as proxy for farming practices and the MCA coordinates as proxy for landscape characteristics. PCA axis 1 stands for chemical treatment and axis 2 for organic fertilization in field crops, vineyards and orchards (Figure 1c,d and f), while the reverse is true in meadows. The first axis of MCA represents proximity to woodland; the interpretation of the second axis is more variable (see main text and Figure S4–S7). Values are log-coefficients, followed by their significance (stars). Marginal and conditional R^2 give the variance explained by the model with and without the random 'field' effect of the model (with variance σ^2)

TABLE 2 Results of the GLMM models on abundance of butterflies for each crop type, using the PCA coordinates as proxy for farming practices. PCA, MCA axes and all symbols as in Table 1

Butterflies	Field crops	Meadows	Vineyards	Orchards
Year, landscape, practices				
Year	-0.05	0.19***	-0.14*	n/a
MCA1	n/a	-0.18**	n/a	n/a
MCA2	n/a	-0.13	n/a	n/a
PCA1	0.01	n/a	n/a	n/a
Inter-rows: partly grassy	n/a	n/a	-0.16	n/a
Inter-rows: bare	n/a	n/a	-0.79***	n/a
Interactions				
Year * PCA1	-0.09*	n/a	n/a	n/a
Year * MCA2	n/a	0.14**	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	1.69***	1.31***	0.94***	1.80***
Degree days ²	-1.51***	-1.23***	-1.02***	-1.77***
Latitude	-0.18***	-0.29***	-0.38***	n/a
Longitude	n/a	n/a	0.24**	n/a
Cloud cover: sunny	0.59***	0.70***	0.4	n/a
Cloud cover: slightly cloudy	0.53***	0.45*	0.54	n/a
Cloud cover: thin overcast	0.43**	0.94***	0.58	n/a
Cloud cover: cloudy	0.35**	0.47*	0.13	n/a
Cloud cover: very cloudy	0.08	-0.18	-0.64	n/a
Wind: light	0.56***	0.46**	n/a	n/a
Wind: no	0.67***	0.26	n/a	n/a
σ^2	0.46	0.43	0.67	0.4
Marginal R ² /conditional R ²	0.262/0.601	0.252/0.566	0.243/0.707	0.188/0.529

*p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001.

covariates depending on the taxonomic group (hereafter 'control covariates', Table S1) and a random effect of field. Practices were represented by the two axes of the PCA plus crop type-dependent variables (Table S1). We also tested alternative models using the total number of pesticide and (organic and mineral) fertilizer applications, instead of PCA axes, as a proxy for intensification. Axes 1 and 2 of the MCA reflected the surrounding landscape (Figures S4–S7). The general structure of the model was the following:

$$\log(\mu_{AB}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Year} + \beta_2 \text{Axis1}_{\text{PCA}} + \beta_3 \text{Axis2}_{\text{PCA}} + \beta_4 \text{Axis1}_{\text{MCA}} + \beta_5 \text{Axis2}_{\text{MCA}} + \beta_{6x} \text{SpecificPractices} + \beta_{7x} \text{Covariates} + \beta_8 \text{Year: Axis1}_{\text{PCA}} + \beta_9 \text{Year: Axis2}_{\text{PCA}} + \beta_{10} \text{Year: Axis1}_{\text{MCA}} + \beta_{11} \text{Year: Axis2}_{\text{MCA}} + \beta_{12x} \text{Year: SpecificPractices} + \text{Field}_i$$

with β_j , the regression coefficients and Field_i , the field-specific random effect. 'Specific practices' (tillage, inter-row...) and covariates (weather conditions, GPS coordinates...) varied depending on protocol and type of crops (Table S1). All numerical variables were scaled. We selected variables using backward stepwise elimination from a complete model and significance of the change in log-likelihood as a criterion. We checked that all the 'control' covariates had a consistent relationship with abundance, for example, more abundant bees in the South or

more abundant butterflies with lower wind (Tables 1–5; Tables S2–S6). As for earthworms, models were GLM since the random field effect was not significant. We used the R package buildmer (Voeten, 2020).

TABLE 3 Results of the GLM models on abundance of earthworms for each crop type, using the PCA coordinates as proxy for farming practices. PCA, MCA axes and all symbols as in Table 1

Earthworms	Field crops	Meadows
Year, landscape, practices		
Year	n/a	-0.26***
PCA1	n/a	0.18**
Tillage: deep ploughing	-0.28*	n/a
Tillage: direct sowing	0.81***	n/a
Meadow's age	n/a	0.26***
Covariates		
Degree days	-0.13*	-0.13*
Soil humidity: waterlogged	0.56	-1.58**
Soil humidity: wet	-0.09	-0.67
Soil humidity: dried	0.06	0.27
Soil humidity: dry	-0.69*	-0.35

*p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001.

Beetles	Field crops	Meadows	Vineyards	Orchards
Year, landscape, practices				
Year	0.24***	-0.28*	0.29***	-0.93***
PCA1	0.18***	0.58***	0.20*	0.88***
PCA2	-0.04	0.34*	n/a	n/a
Meadows' type: permanent	n/a	-0.15	n/a	n/a
Interactions				
Year * PCA1	n/a	-0.37**	n/a	-0.49***
Year * PCA2	0.17***	0.30*	n/a	n/a
Year * (meadows' type: permanent)	n/a	0.80***	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	n/a	-0.14***	-0.25***	-0.20***
Degree days ²	-0.10***	n/a	n/a	n/a
Latitude	0.22***	n/a	0.62***	n/a
Installation date	n/a	-0.34**	0.22*	n/a
Board humidity: dried	-0.36***	n/a	0.61***	-0.20
Board humidity: dry	-0.45***	n/a	0.68***	0.47*
σ^2	1.21	1.83	1.70	1.60
Marginal R^2 /conditional R^2	0.069/0.594	0.124/0.711	0.127/0.472	0.169/0.750

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Of five taxonomic groups and four crop types, we analysed only 18 separate models out of 20 because we discarded earthworm data in orchards and vineyards, which were too few (some years with fewer than 10 surveys).

We diagnosed the fit of the models using the DHARMA package (Hartig, 2020). Over the 18 separate models of crops and taxonomic groups, all QQ plots were acceptable upon visual inspection. No Kolmogorov–Smirnov deviation test was significant, except for bees in field crops, for which the significant deviation was visually small. The residuals were significantly but moderately spatially autocorrelated (Table S17); introducing a covariance structure in the models did not modify the results (not shown). Variance inflation factors (VIF), computed using the package PERFORMANCE (Lüdecke, Makowski, Waggoner, & Patil, 2020), were generally below 2 (Tables S7–S16) except for artificially structured variables (e.g. degree days and squared degree days) and in models with a significant effects of meadows use or type. Removing these variables did not change the results for other variables (not shown). The models explained a fair amount of the variability in abundance, as estimated following Nakagawa, Johnson, and Schielzeth (2017), although c. 2/3 resided in the random effect: from 0.1 to 0.35 without, and from 0.43 to 0.85 with the random field factor. Lastly, we analysed interaction terms using the package GGEFFECTS (Lüdecke, 2018), which computes marginal effects of each variable with all others at their mean (quantitative variables) or at representative values (qualitative variables) from statistical models (Figures 2–4).

TABLE 4 Results of the GLMM models on abundance of beetles for each crop type, using the PCA coordinates as proxy for farming practices. PCA, MCA axes and all symbols as in Table 1

3 | RESULTS

The 1,216 farmers provided multi-year data from their fields on five taxonomic groups and in four crop types, and the overall analysis showed that there were significant temporal trends in biodiversity abundance in 16 of the 18 analyses. Some trends are related to farming practices or surrounding landscape. Tables 1–5 display a summary of the models using the PCA axes ('chemical treatment' and 'organic fertilization') as proxy for farming practices, while Tables S2–S6 give a summary of the models using the number of applications of pesticides and fertilization. For each combination of crop type and taxonomic group, these two types of model may differ slightly. In the following, we focus on results that seem most robust, that is, significant in the two types of models, but we illustrate all significant interactions in Figures S11–S14.

3.1 | Solitary bees

The abundance of solitary bees appeared to be declining significantly in all crops but vineyards, and these declines were related to farming intensity or landscape structure (Tables 1; Table S2). Conversely, the trend was positive in vineyards. Declines were stronger in fields with more pesticide use or more mineral fertilization (effects are statistically difficult to separate) in field crops (Figure 2; Figure S8). On the other hand, bee declines were less steep with more organic fertilization (field crops, meadows) as well as in vineyards closer to woodland

TABLE 5 Results of the GLMM models on abundance of molluscs for each crop type, using the PCA coordinates as proxy for farming practices. PCA, MCA axes and all symbols as in Table 1

Molluscs	Field crops	Meadows	Vineyards	Orchards
Year, landscape, practices				
Year	0.50***	-0.43***	0.15*	-0.14*
MCA2	0.09***	n/a	n/a	n/a
PCA1	-0.01	0.09	0.18	0.34*
PCA2	0.07	0.17	-0.14	-0.17***
Tillage: deep ploughing	-0.04	n/a	n/a	n/a
Tillage: direct sowing	0.52**	n/a	n/a	n/a
Inter-rows: partly grassy	n/a	n/a	0.29	0.29
Inter-rows: bare	n/a	n/a	-0.85**	-1.13***
Meadows' type: permanent	n/a	0.11	n/a	n/a
Meadows' use: mix	n/a	-0.45**	n/a	n/a
Meadows' use: pasture	n/a	0.32	n/a	n/a
Interactions				
Year * PCA1	0.10*	-0.67***	0.22**	-0.17*
Year * PCA2	-0.27***	0.35***	-0.35***	n/a
Year * (tillage: deep ploughing)	-0.19*	n/a	n/a	n/a
Year * (tillage: direct sowing)	0.12	n/a	n/a	n/a
Year * (meadows' use: mix)	n/a	0.32*	n/a	n/a
Year * (meadows' use: pasture)	n/a	0.03	n/a	n/a
Year * (meadows' type: permanent)	n/a	0.91***	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	-0.70***	-1.06***	-0.48***	-0.75***
Degree days ²	0.60***	0.84***	0.45***	0.52***
Longitude	n/a	n/a	0.42**	n/a
Board humidity: dried	-0.05	-0.30***	0.15	n/a
Board humidity: dry	-0.46***	-0.42***	-0.30**	n/a
Board soil: grassy	0.19**	n/a	0.29**	n/a
σ^2	1.12	0.82	1.03	0.80
Marginal R ² /conditional R ²	0.163/0.641	0.227/0.769	0.116/0.728	0.112/0.745

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

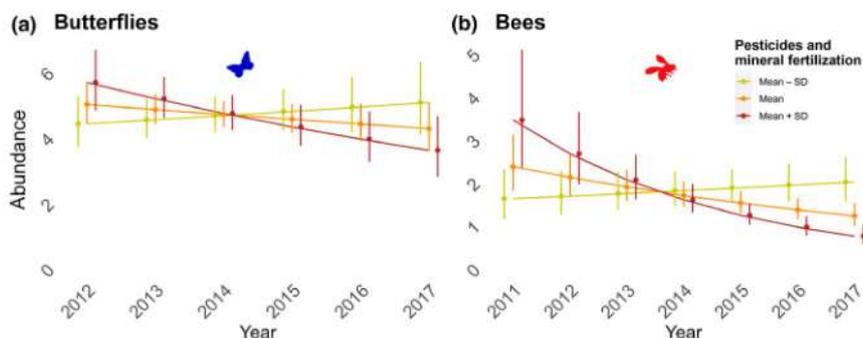


FIGURE 2 Relationship between synthetic inputs (pesticide and mineral fertilization use) and temporal trends in butterfly (a) and bee (b) abundance in field crops. Use of synthetic inputs is characterized here by the coordinates of the first principal component analysis axis (Figure 1d), from high levels (red line: mean plus one standard deviation), through medium levels (orange line: mean) to low values (yellow line: mean minus one standard deviation). Other variables are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms)

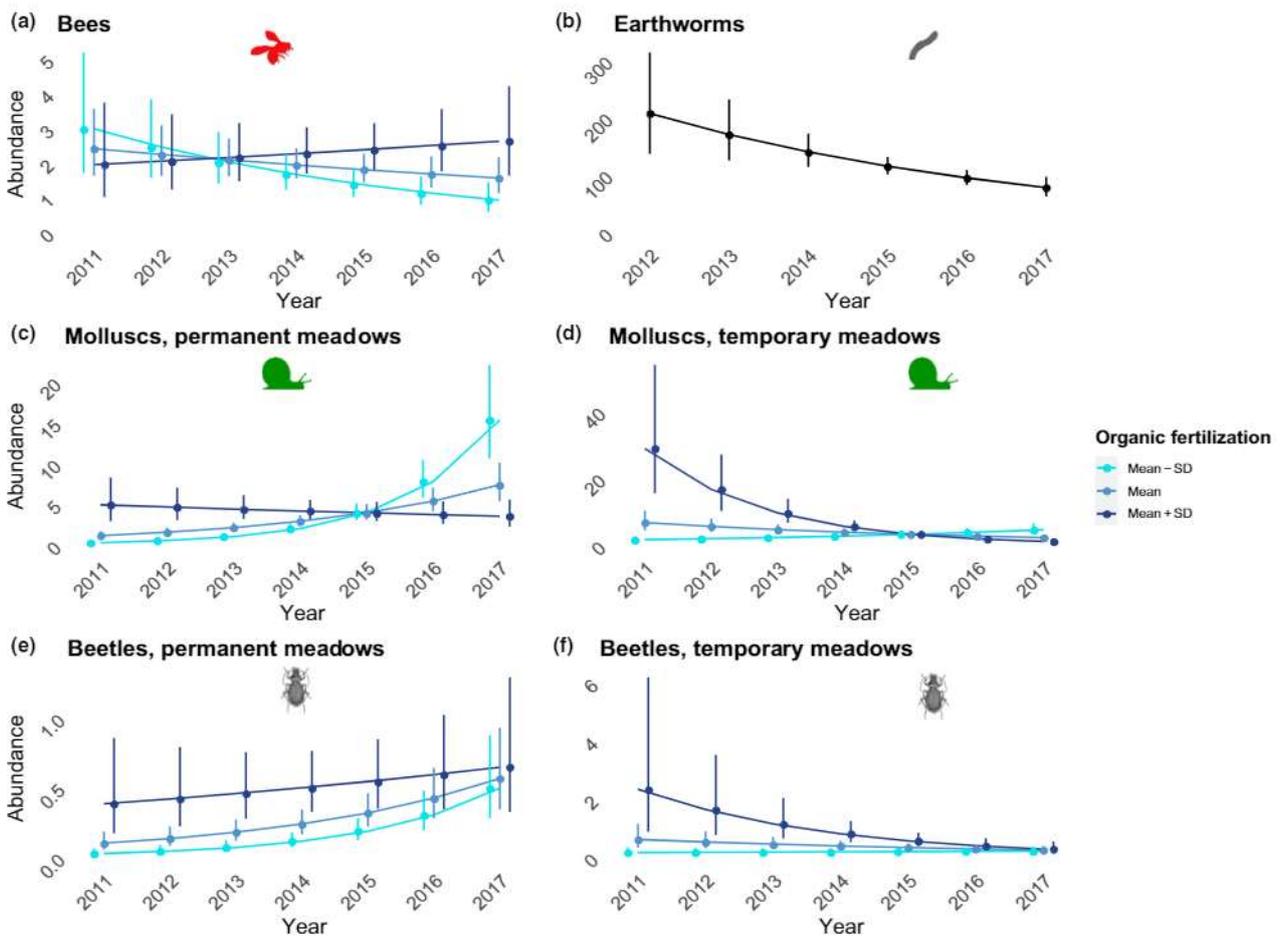


FIGURE 3 Relationship between organic fertilization and temporal trends in meadows. Organic fertilization is characterized here by the coordinates of the first principal component analysis axis (Figure 1e), from high levels (dark blue line: mean plus one standard deviation), through medium levels (blue line: mean) to low values (light blue line: mean minus one standard deviation). Other variables are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Beetle and mollusc abundance are predicted in permanent (c–e) and temporary meadows (d–f)

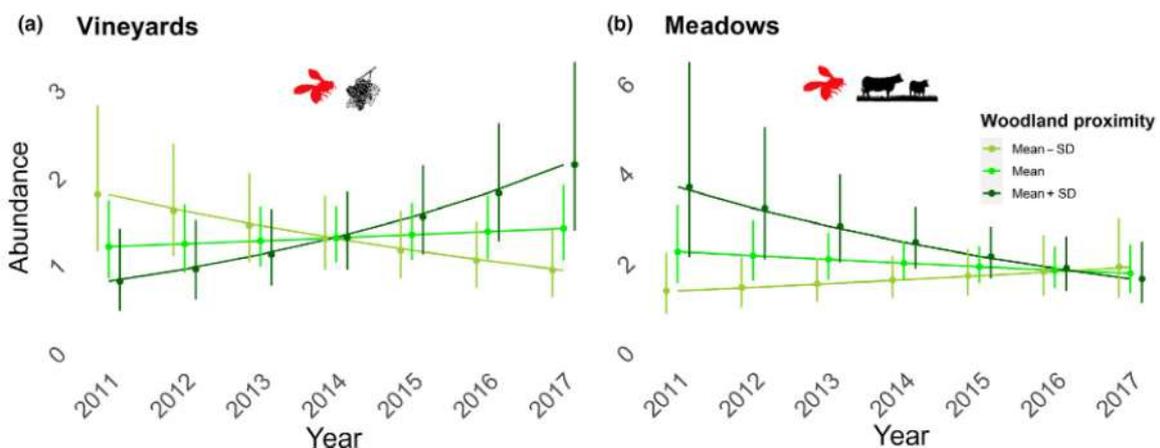


FIGURE 4 Relationship between landscape (woodland proximity) and temporal trends in bee abundance in vineyards (a) and meadows (b). Woodland proximity is characterized here by the coordinates of the first multiple correspondence analysis axis (Figure S4), from high levels (dark green line: mean plus one standard deviation), through medium levels (green line: mean) to low values (light green line: mean minus one standard deviation). Other variables are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using the principal component analysis as proxy for practices

(Figure 4; Figure S10). Conversely bee decline was stronger in meadows closer to woodland.

3.2 | Butterflies

The abundance of butterflies declined in field crops and vineyards and increased in meadows (Tables 2; Table S3). Declines were related to farming intensity, but in opposite ways; as with bees, the trend in field crops was negatively correlated with the use of pesticides or mineral fertilization (Figure 2; Figure S8). Conversely, the decline in vineyards was stronger in fields with fewer pesticide applications. No temporal trend was identifiable in orchards but sample size was small ($N = 213$ for 37 fields).

3.3 | Earthworms

The abundance of earthworms showed a temporal decline in meadows only that did not vary with practices or landscape (no significant interactions, Tables 3; Table S4; Figure 3; Figure S9). However, the abundance of earthworms was significantly and positively related to a reduced tillage in field crops, as well as to organic fertilization and meadow age in meadows.

3.4 | Beetles

The abundance of beetles increased significantly in field crops and vineyards and decreased in meadows and orchards (Tables 4; Table S5). Declines in meadows and orchards were stronger in fields with more mineral fertilization (or pesticides in orchards, effects are difficult to separate; Figure 3; Figure S9). Finally, the decline in meadows was detected in temporary but not in permanent grasslands, where we observed a stronger increase in fields with more organic fertilization.

3.5 | Molluscs

As with beetles, the abundance of molluscs increased significantly in field crops and vineyards and decreased in meadows and orchards (Tables 5; Table S6). Increases in vineyards were stronger in fields with more mineral fertilization or pesticides (effects are difficult to separate) but less organic fertilization. Declines in meadows were stronger in fields with more organic fertilization and in temporary versus permanent meadows (Figure 3; Figure S9).

4 | DISCUSSION

In this study, we documented significant correlations between temporal trends in biodiversity abundance and in-field agricultural practices

or wider landscape variables, across the whole of France, thanks to participation of farmers in citizen science. In the following, we first compare our results with the existing literature using professionally collected data, contrasting flying versus soil taxa, and discuss the possible limitations related to the participatory nature of the data. We then examine how citizen science engaging farmers in monitoring of biodiversity can help pinpoint possible levers for the conservation and even restoration of invertebrates in agroecosystems through modifications of farming practices.

4.1 | Worrying temporal trends in abundance for several invertebrates monitored in FBO are related with agricultural practices

Of the five groups monitored, we observed a general negative trend in abundances, in particular for the two flying taxa with relatively long-distance movements (butterflies and solitary bees). These findings are in line with recent studies showing a decline in bees and butterflies, whether on a local (Hallmann et al., 2019), regional (Habel, Trusch, Schmitt, Ochse, & Ulrich, 2019), national (Dooren, 2019) or global scale (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019; van Klink et al., 2020). Soil taxa, including potentially flying species but with short-distance daily movements, such as beetles, show a more mixed picture, with a temporal decline in abundance in meadows and orchards but a more surprising increase in field crops and vineyards. One major question is whether these trends reflect true variations in arthropod abundance in farmland, or are partly caused by temporal changes in the sample of fields surveyed each year, owing to the turnover of FBO participants. Two points discard the latter explanation. First, the general trend in abundance was negative, which could have been caused by a temporal increase in the fraction of fields under intensive farming in the FBO sample. Yet, if anything, the tendency in the FBO sample is that of an increase in the fraction of fields under organic farming consistent with the national trend (Note S1). Second, we did not analyse trends on raw data, but in a model including interactions with farming practices or landscape, thereby controlling for temporal changes in the latter variables.

Our ability to relate temporal trends in biodiversity with local agricultural practices contrasts with most previous studies. Our results are generally consistent, however, with numerous smaller scale studies using the SFT assumption: stronger declines in fields with more synthetic inputs (mineral fertilization and pesticides) or in more homogeneous landscapes in most cases, but with some exceptions. Fertilization affects habitat quality via enrichment and sorting of competitive plant species. This may reduce the diversity and amounts of food for pollinating insects (e.g. bees and butterflies in field crops) and phytophagous species (e.g. molluscs in meadows). In some cases, however, increased plant biomass and leaf nitrogen content associated with fertilization can result in increased invertebrate abundance, as observed for example, by Haddad et al. (2000) and in several instances in FBO such as, molluscs with mineral fertilization

in vineyards, as well as for bees and beetles with organic fertilization in meadows.

Pesticides often have non-target negative effects on invertebrates, demonstrated in the laboratory (Desneux, Decourtye, & Delpuech, 2007; Henry et al., 2012; Mulé, Sabella, Robba, & Manachini, 2017) or in fields (Mulé et al., 2017), through direct mortality or multiple sublethal effects (Brittain & Potts, 2011; Desneux et al., 2007). Such effects may explain the negative relationship observed between pesticide use and trends in abundance of bees and butterflies in field crops. We found a more surprising positive correlation with butterfly abundance trends in vineyards. This is consistent with Muratet and Fontaine (2015) who observed the same positive relationship in gardens with fungicides and Bordeaux mixture—two products highly used in vineyards—on butterflies and bumblebees. A hypothesis would be that plants protected from pests allocate more resources to nectar production.

Finally, proximity to woodland has mixed effects on solitary bees. The positive effect in vineyards is in line with numerous studies as that of Carrié, Andrieu, Ouin, and Steffan-Dewenter (2017). For some bee species, semi-natural landscape elements such as forests provide nesting sites and long-lasting food sources (Hopfenmüller, Steffan-Dewenter, & Holzschuh, 2014) as well as a high connectivity in the landscape. Decline of bee abundance in meadows close to woodland is consistent with Winfree, Griswold, and Kremen (2007) and may be explained by the lower quality of forests versus farmland for bee species that are likely specialists of open habitats.

Although these results corroborate previous knowledge and go beyond by relating biodiversity trends with in-field practices, this approach suffers some limitations, some of which are inherent to citizen science. As in many studies, including professional ones, our results are correlative and do not formally demonstrate a causal relationship between agricultural practices or surrounding landscape and biodiversity. For example, a positive relationship between pesticide use and abundance of soil taxa may arise because pest outbreaks trigger pesticide use, which we are not able to differentiate from a positive effect of pesticides on these groups. This limitation could be partly overcome with time and a higher fidelity of participants; with longer time series, the dataset would contain a larger number of events of changes in practices. Such events could be used to analyse in more detail the impact of changing practices on biodiversity in real time, in an experimental-like manner. Second, the effects of pesticides and mineral fertilization were often not distinguishable from each other. This is related to the first point; across farming systems, pesticide and fertilizer uses are strongly correlated with each other. This multicollinearity undermines our ability to differentiate the relative contribution of each practice, a problem that could be partly alleviated again by real-time monitoring of changes in practices. Another option would be to collect higher resolution data on chemical products used (date and mode of application, quantity...), beyond a mere number of applications. Finally, data collection by non-taxonomists implies that in most cases, specimens could not be identified to species level. This may hamper our understanding of the ecological mechanisms influencing abundance trends in broad

taxonomic groups containing species with contrasting ecological preferences. For example, some groups could be dominated by a single successful species. Alternatively, landscape may matter for some large but relatively rare ground beetles, but mixing them with smaller species with limited dispersal ability masked possible correlations with landscape structure.

4.2 | Promising levers for invertebrate conservation in agricultural landscapes

Our study pinpoints two key levers for invertebrate conservation in agroecosystems: (a) identification of practices that may restore biodiversity (b) involvement of farmers in biodiversity monitoring; farmers are the main, albeit not the sole, social group with impacts on farmland biodiversity, and they have the agency to change practices.

Despite the above limitations, this study illustrates that citizen science can be a powerful tool to gather extensive ecological datasets allowing research at multiple spatio-temporal scales and the identification of levers for invertebrate conservation. Although collected via simplified sampling protocols, the data make it possible to detect temporal trends in total abundance of several understudied taxonomic groups and interactions with other variables. This confirms that well-designed participatory science adds value to large-scale biodiversity studies (Chandler et al., 2017; McKinley et al., 2017) and allows the development of indicators (Couvet, Jiguet, Julliard, Levrel, & Teyssedre, 2008). Such design could also be used to foster arthropod conservation in farmland, which is crucial for ethical and economic reasons (FAO, 2019). Below, we show that our results converge with Habel, Samways, and Schmitt (2019) recommendations for a European strategy mitigating the decline of terrestrial insects, including the protection of high-quality habitats for insects, ecological intensification of agriculture and the reduction and control of fertilizers and pesticides.

As discussed above, promoting participant fidelity to track the consequences of changes in farming practices should help separate the effects of pesticides versus fertilizers and identify biodiversity-friendly practices with demonstrated causative effects. Improved fidelity can be achieved by developing more user-friendly data entry interfaces, by promoting FBO in large professional networks, such as unions, or by providing more personalized feedback to participants, all of which is under way. We may also hope to see more changes in practices as a result of recent political will to reduce pesticides use or of awareness raising through participatory science (Deguines, Princé, Prévot, & Fontaine, 2020).

Beyond the reduction of inputs, our results also suggest that arthropod conservation can be promoted via improved habitat quality, such as via the presence of old meadows or woodland. For example, we observed that the decline of beetles and molluscs in temporary meadows could be reversed, depending on management, in permanent meadows. This corroborates the recognized importance of permanent grasslands for biodiversity (Petters, 2015).

Finally, Habel, Samways, et al. (2019) also stressed the society's relationship to insects and the need to highlight their economic and ecological importance to help raise public awareness. One of the distinctives of FBO as a citizen science object is that it is aimed at a specific socio-professional public. The involvement of farmers in farmland biodiversity monitoring may help them acknowledge the need to take biodiversity into account in their professional practice and transform their vision of their farm (Deschamps & Demeulenaere, 2015; Hampartzoumian et al., 2013). Participatory science through an experience-based knowledge and sharing through professional networks (McKinley et al., 2017) could be a driving force for change in agricultural practices at the farmers' scale. By providing data directly from their fields and practices (as opposed to experimental conditions), farmers took an active role in the demonstration of the effects of agriculture on its environment, which may elicit citizen involvement. Furthermore, engagement in citizen science could launch interactions between farmers and scientists to work together on new agricultural systems (Berthet, Barnaud, Girard, Labatut, & Martin, 2016). Finally, FBO tends to serve as an exchange platform between environmentalists/naturalists and farming professionals. The programme is therefore becoming a political tool for agro-ecological transition, soon providing indicators for public management and hopefully contributing in a compelling way, as an output of citizen science, to the scientific warning messages on the biodiversity crisis.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank all farmers who provided observations from their fields, the FBO management team (Elodie Chauvet, Marion Demade, Marine Gérardin, Romain Julliard, Christophe Pinard, Nora Rouillier) and the French Ministry of Agriculture, which supported the programme. We acknowledge the E-OBS dataset from the EU-FP6 project UERRA (<http://www.uerra.eu>), the Copernicus Climate Change Service and the data providers in the ECA&D project (<https://www.ecad.eu>). We thank the INRAE MIGALE bioinformatics facility (MIGALE, INRAE, 2020; Migale bioinformatics Facility, <https://doi.org/10.15454/1.5572390655343293E12>) for providing help and support. This research project was funded by the Crédit Agricole through sponsoring to O.B. Finally, we thank Michael Pocock and two anonymous reviewers for constructive comments on an earlier version of this article.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

E.P., R.-L.V. and O.B. conceived the ideas and designed methodology; O.B. analysed the data; E.P. and O.B. led the writing of the manuscript. All authors contributed critically to the drafts and gave final approval for publication.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data are available from Zenodo <http://doi.org/10.5281/zenodo.3903128> (Billaud, Vermeersch, & Porcher, 2020).

ORCID

Olivier Billaud  <https://orcid.org/0000-0002-7586-7261>

Emmanuelle Porcher  <https://orcid.org/0000-0002-9264-8239>

REFERENCES

- Berger, G., Graef, F., Pallut, B., Hoffmann, J., Brühl, C. A., & Wagner, N. (2018). How does changing pesticide usage over time affect migrating amphibians: A case study on the use of glyphosate-based herbicides in German agriculture over 20 years. *Frontiers in Environmental Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00006>
- Berthet, E. T. A., Barnaud, C., Girard, N., Labatut, J., & Martin, G. (2016). How to foster agroecological innovations? A comparison of participatory design methods. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(2), 280–301. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1009627>
- Billaud, O., Vermeersch, R.-L., & Porcher, E. (2020). Data from: Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. *Zenodo*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3903128>
- Bolker, B. M., Brooks, M. E., Clark, C. J., Geange, S. W., Poulsen, J. R., Stevens, M. H. H., & White, J.-S. S. (2009). Generalized linear mixed models: A practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(3), 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.008>
- Bouché, M. B. (1972). *Lombriciens de France: écologie et systématique*. Paris, France: Institut national de la recherche agronomique.
- Brittain, C., & Potts, S. G. (2011). The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology*, 12(4), 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.baec.2010.12.004>
- Cardinale, B. J., Matulich, K. L., Hooper, D. U., Byrnes, J. E., Duffy, E., Gamfeldt, L., ... Gonzalez, A. (2011). The functional role of producer diversity in ecosystems. *American Journal of Botany*, 98(3), 572–592. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000364>
- Carrié, R., Andrieu, E., Ouin, A., & Steffan-Dewenter, I. (2017). Interactive effects of landscape-wide intensity of farming practices and landscape complexity on wild bee diversity. *Landscape Ecology*, 32(8), 1631–1642. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0530-y>
- Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M. Z., López, B. C., Danielsen, F., ... Turak, E. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, 213, 280–294. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004>
- Cornes, R. C., van der Schrier, G., van den Besselaar, E. J. M., & Jones, P. D. (2018). An ensemble version of the E-OBS temperature and precipitation data sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(17), 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>
- Couvet, D., Jiguet, F., Julliard, R., Levrel, H., & Teyssedre, A. (2008). Enhancing citizen contributions to biodiversity science and public policy. *Interdisciplinary Science Reviews*, 33(1), 95–103. <https://doi.org/10.1179/030801808X260031>
- Damgaard, C. (2019). A critique of the space-for-time substitution practice in community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(5), 416–421. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.01.013>
- Deguines, N., Princé, K., Prévot, A.-C., & Fontaine, B. (2020). Assessing the emergence of pro-biodiversity practices in citizen scientists of a backyard butterfly survey. *Science of the Total Environment*, 716, 136842. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136842>
- Deschamps, S., & Demeulenaere, É. (2015). L'observatoire agricole de la biodiversité. Vers un ré-ancrage des pratiques dans leur milieu. *Études Rurales*, 195, 109–126. Retrieved from <http://journals.openeidition.org/etudesrurales/10276>
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.-M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52(1), 81–106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- Dooren, T. J. M. V. (2019). Assessing species richness trends: Declines of bees and bumblebees in the Netherlands since 1945. *Ecology and Evolution*, 9(23), 13056–13068. <https://doi.org/10.1002/ece3.5717>

- Dover, J., & Settele, J. (2009). The influences of landscape structure on butterfly distribution and movement: A review. *Journal of Insect Conservation*, 13(1), 3–27. <https://doi.org/10.1007/s10841-008-9135-8>
- FAO. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/CA3229EN/CA3229EN.pdf>
- Gamez-Virues, S., Perovic, D. J., Gossner, M. M., Boerschling, C., Bluethgen, N., de Jong, H., ... Westphal, C. (2015). Landscape simplification filters species traits and drives biotic homogenization. *Nature Communications*, 6, 8568. <https://doi.org/10.1038/ncomms9568>
- Habel, J. C., Samways, M. J., & Schmitt, T. (2019). Mitigating the precipitous decline of terrestrial European insects: Requirements for a new strategy. *Biodiversity and Conservation*, 28(6), 1343–1360. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01741-8>
- Habel, J. C., Trusch, R., Schmitt, T., Ochse, M., & Ulrich, W. (2019). Long-term large-scale decline in relative abundances of butterfly and burnet moth species across south-western Germany. *Scientific Reports*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51424-1>
- Haddad, N. M., Haarstad, J., & Tilman, D. (2000). The effects of long-term nitrogen loading on grassland insect communities. *Oecologia*, 124(1), 73–84. <https://doi.org/10.1007/s004420050026>
- Hallmann, C. A., Foppen, R. P. B., van Turnhout, C. A. M., de Kroon, H., & Jongejans, E. (2014). Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*, 511(7509), 341–343. <https://doi.org/10.1038/nature13531>
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., ... de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE*, 12(10), e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hallmann, C. A., Zeegers, T., Klink, R., Vermeulen, R., Wielink, P., Spijkers, H., ... Jongejans, E. (2019). Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect Conservation and Diversity*, 13(2), 127–139. <https://doi.org/10.1111/icad.12377>
- Hampartoumian, H., Preud'Homme, R.-L., Loïs, G., Raymond, R., Bühler, È. A., & Hanachi, Y. (2013). L'Observatoire agricole de la biodiversité (OAB): Une pédagogie active autour d'un projet de sciences participatives. *Pour*, 219(3), 169. <https://doi.org/10.3917/pour.219.0169>
- Hartig, F. (2020). *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models*. R package version 0.3.2.0. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>
- Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.-F., Aupinel, P., ... Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348–350. <https://doi.org/10.1126/science.1215039>
- Hopfenmüller, S., Steffan-Dewenter, I., & Holzschuh, A. (2014). Trait-specific responses of wild bee communities to landscape composition, configuration and local factors. *PLoS ONE*, 9(8), e104439. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104439>
- Jackson, S. T., & Blois, J. L. (2015). Community ecology in a changing environment: Perspectives from the Quaternary. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(16), 4915–4921. <https://doi.org/10.1073/pnas.1403664111>
- Kratz, T. K., Deegan, L. A., Harmon, M. E., & Lauenroth, W. K. (2003). Ecological variability in space and time: Insights gained from the US LTER program. *BioScience*, 53(1), 57–67. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0057:EVISAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0057:EVISAT]2.0.CO;2)
- Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 187–228. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7)
- Lentiri, A., Colinet, G., Alabi, T., Cluzeau, D., Zirbes, L., Haubruge, E., & Francis, F. (2014). Impacts of earthworms on soil components and dynamics. *A Review. Biotechnologie Agronomie Societe et Environnement*, 18(1), 121–133.
- Lüdecke, D. (2018). *ggeffects: Tidy Data Frames of Marginal Effects from Regression Models*. *Journal of Open Source Software*, 3(26), 772. <https://doi.org/10.21105/joss.00772>
- Lüdecke, D., Makowski, D., Waggoner, P., & Patil, I. (2020). *Assessment of Regression Models Performance*. Retrieved from <https://easystats.github.io/performance>
- McKinley, D. C., Miller-Rushing, A. J., Ballard, H. L., Bonney, R., Brown, H., Cook-Patton, S. C., ... Soukup, M. A. (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208, 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.015>
- Mulé, R., Sabella, G., Robba, L., & Manachini, B. (2017). Systematic review of the effects of chemical insecticides on four common butterfly families. *Frontiers in Environmental Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00032>
- Muratet, A., & Fontaine, B. (2015). Contrasting impacts of pesticides on butterflies and bumblebees in private gardens in France. *Biological Conservation*, 182, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.045>
- Nakagawa, S., Johnson, P. C. D., & Schielzeth, H. (2017). The coefficient of determination R² and intra-class correlation coefficient from generalized linear mixed-effects models revisited and expanded. *Journal of the Royal Society Interface*, 14(134), 20170213. <https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0213>
- Nilsson, S. G., Franzen, M., & Pettersson, L. B. (2013). Land-use changes, farm management and the decline of butterflies associated with semi-natural grasslands in southern Sweden. *Nature Conservation-Bulgaria*, 6, 31–48. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.6.5205>
- Pereira, H. M., Ferrier, S., Walters, M., Geller, G. N., Jongman, R. H. G., Scholes, R. J., ... Wegmann, M. (2013). Essential biodiversity variables. *Science*, 339(6117), 277–278. <https://doi.org/10.1126/science.1229931>
- Petters, A. (2015). Environmental impacts and future challenges of grasslands and grassland-based livestock production systems in Europe. In P. K. Ghosh, S. K. Mahanta, J. B. Singh, & P. S. Pathak (Eds.), *Grassland: A global resource perspective (International Grassland Congress and Range Management Society of India Army Printing Press)* (pp. 365–390). Lucknow, India: Army Printing Press.
- Pickett, S. T. A. (1989). Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In G. E. Likens (Ed.), *Long-term studies in ecology: Approaches and alternatives* (pp. 110–135). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7358-6_5
- Ponge, J.-F., Pérès, G., Guernion, M., Ruiz-Camacho, N., Cortet, J., Pernin, C., ... Cluzeau, D. (2013). The impact of agricultural practices on soil biota: A regional study. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 271–284. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.026>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., ... Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220–229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Roger-Estrade, J., Anger, C., Bertrand, M., & Richard, G. (2010). Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. *Soil and Tillage Research*, 111(1), 33–40. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.08.010>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Schmucki, R. (2020). *climateExtract: Extract Climate Data From a Local NETCDF File*. R package version 1.18.0. Retrieved from <https://github.com/RetoSchmucki/climateExtract>
- Seibold, S., Gossner, M. M., Simons, N. K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarli, D., ... Weisser, W. W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*, 574(7780), 671–674. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>
- Stanton, R. L., Morrissey, C. A., & Clark, R. G. (2018). Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A

- review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 254, 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.028>
- Symondson, W. O. C., Sunderland, K. D., & Greenstone, M. H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology*, 47, 561–594. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240>
- van Klink, R., Bowler, D. E., Gongalsky, K. B., Swengel, A. B., Gentile, A., & Chase, J. M. (2020). Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, 368(6489), 417–420. <https://doi.org/10.1126/science.aax9931>
- Voeten, C. C. (2020). *buildmer: Stepwise Elimination and Term Reordering for Mixed-Effects Regression*. R package version 1.6. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=buildmer>
- Winfree, R., Griswold, T., & Kremen, C. (2007). Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. *Conservation Biology*, 21(1), 213–223. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00574.x>
- Winfree, R., Williams, N. M., Dushoff, J., & Kremen, C. (2007). Native bees provide insurance against ongoing honey bee losses. *Ecology Letters*, 10(11), 1105–1113. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01110.x>
- Zaller, J. G., & Brühl, C. A. (2019). Editorial: non-target effects of pesticides on organisms inhabiting agroecosystems. *Frontiers in Environmental Science*, 7, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00075>

SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information may be found online in the Supporting Information section.

How to cite this article: Billaud O, Vermeersch R-L, Porcher E. Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. *J Appl Ecol.* 2020;00:1–13. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13746>

4. Relier les tendances temporelles de la biodiversité avec les pratiques agricoles et le paysage

4.3 Annexes de l'article

Note S1. Short description of the Farmland Biodiversity Observatory

The programme was initiated by the French ministry for Agriculture and is animated by the National Museum of Natural History. It relies on local agricultural development organisations to recruit farmers, to assist monitoring and to return feedback about observations to participants locally. Local organisations are for instance the “chambers of agriculture” (public structures representing all economic agents in agriculture), departmental hunting federations, environmental associations, association for agricultural development, etc., depending on the local context. This diversity in local animation produces diversity in the profiles of farmers involved in the programme. Participation is voluntary and is not rewarded financially. Each farmer chooses which taxonomic group(s) will be monitored on their farm, even though the person collecting the data is not always the farmer: sometimes a trainee or an employee of the local organisation does the field work. Although the programme is national, each local network has its own dynamics. Ongoing research in social science addresses how the programme contributes to change the way agricultural biodiversity is considered. The study assumes that the programme does not have the same impact and shape depending on the socio-professional environment (farmers, local organisations, ministry, etc.), on the local context but also on the different conceptions on the future of farming (high-tech agriculture vs. local knowledge for instance).

Ca. 20 % of farmers in FBO are organic, with a mean increase of 16% between 2011 and 2017. This proportion is higher than the 7.5% of agricultural land in France, but the growth rate is similar. More information is available (in French) on the FBO website (<http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/>)

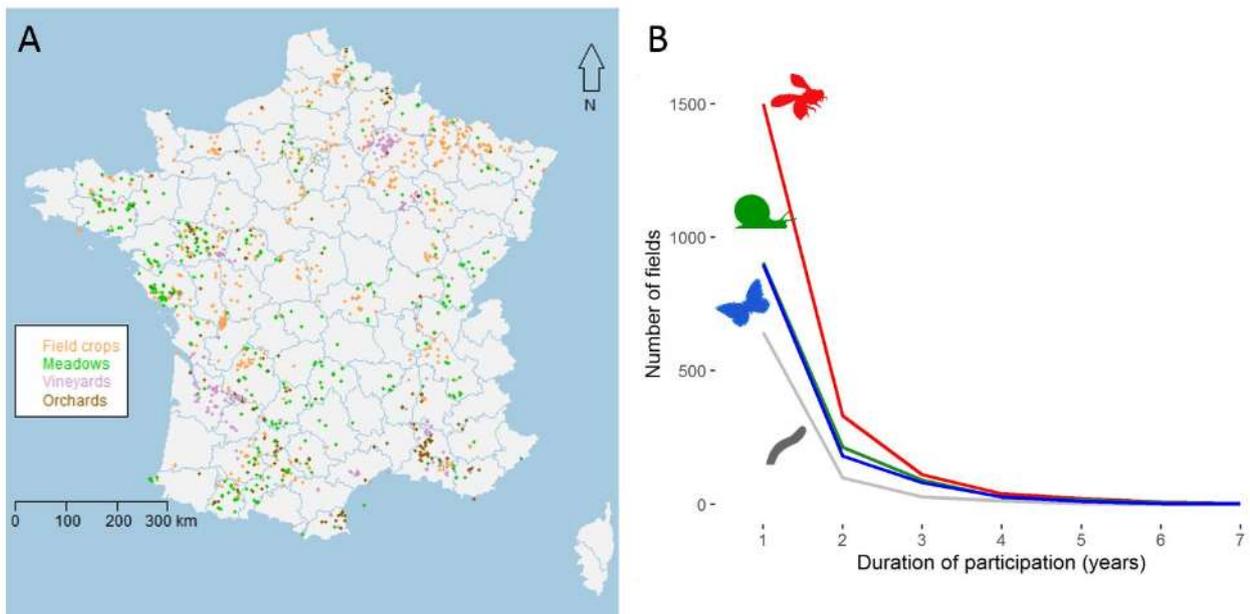


Figure S1. Participation in FBO. Figure A shows a map of the fields (and crop types indicated by different colors) where data were collected for at least one protocol. Figure B shows the high participant turnover, presenting the number of fields that have been part of FBO, as a function of duration of participation in years for the different protocols (solitary bees, earthworms, soil invertebrates (molluscs and beetles) and butterflies).

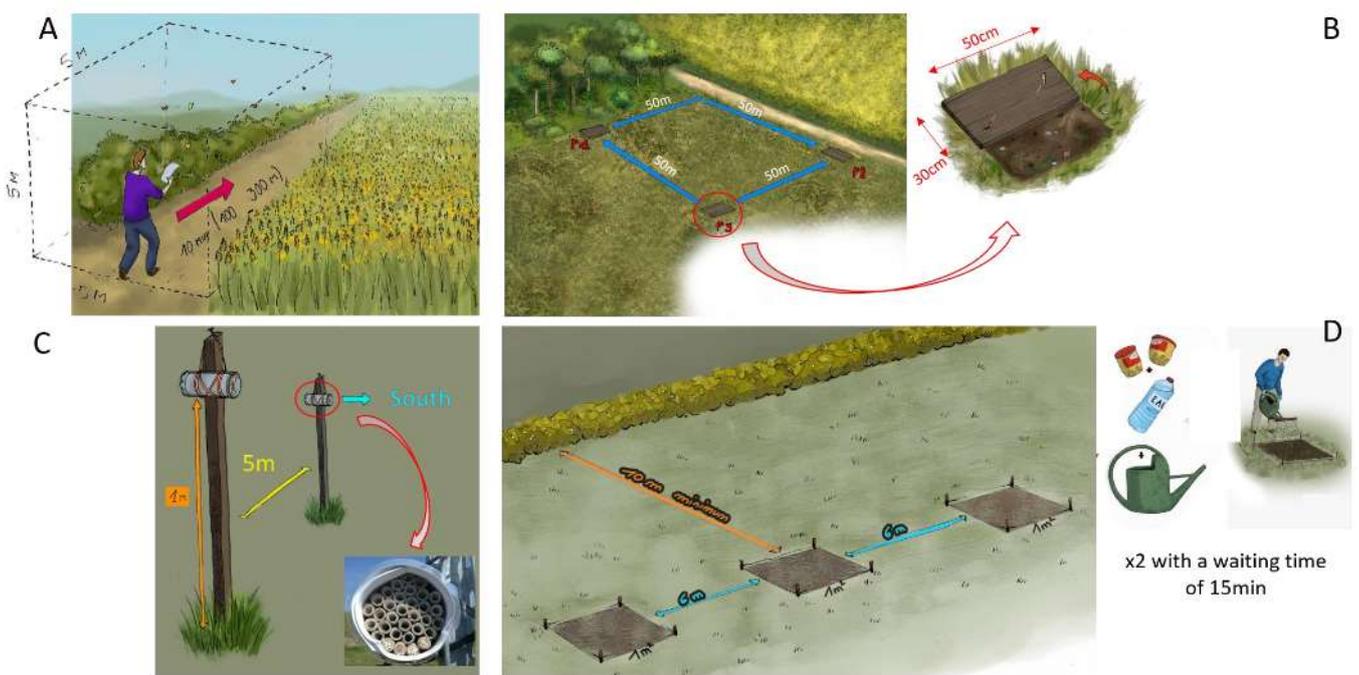


Figure S2. Pictures of the four protocols: 10min transect on a field edge for butterflies (A), three wooden cover boards on the ground for soil invertebrates (B), two trap nests for solitary bees (C) and three replicates watered twice with ten litres of a mustard solution for earthworms (D). Illustrations by Pauline Bouman.

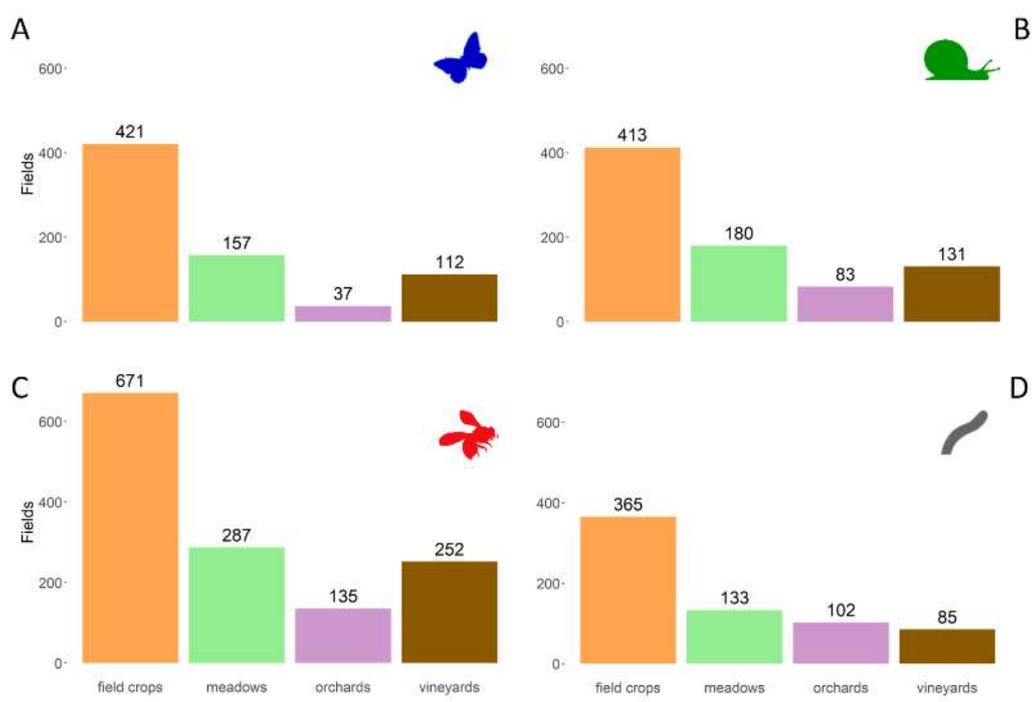


Figure S3. Distribution of number of fields in FBO across crop types, for the four protocols (A butterflies, B soil invertebrates (molluscs and beetles), C solitary bees, D earthworms).

Table S1. Variables used in the GLM(M), divided into five groups (landscape, practices, weather, soil, other). Levels for categorical variables are provided, as well as the protocols and crop types for which they are relevant. All variables were included in at least one model, except pesticide variables, edge and neighbouring areas that were summarized beforehand with multivariate analyses.

Group	Variables	Levels	Crop types or protocols
Landscape	Edge	Wood-fringe, Hedge, Grassy strip, Roadside, Ditch, Flower strip, Crop, Other	All
	Neighbouring land use	Meadow, Wood, Urban, Pond, Crop, Other	All
	Distance to the nearest tree	Numeric (meter)	Earthworms
	Vegetation height	Numeric (centimetre)	Bees
Practices	Insecticide	number of applications	All
	Herbicide	number of applications	All
	Fungicide	number of applications	All
	Molluscicide	number of applications	All
	Other pesticide	number of applications	All
	Organic Fertilization	number of applications	All
	Mineral Fertilization	number of applications	All
	Organic amendment	number of applications	All
	Calcium amendment	number of applications	All
	Tillage	Direct sowing, Shallow ploughing, Deep ploughing	Field's crop
	Inter-rows	Bare, Partly grassy, Grassy	Vineyards and Orchards
	Meadows' use	Mowing, Pasture, Mix	Meadows
	Meadows' type	Temporary, Permanent	Meadows
	Age	Numeric (year)	Meadows
	Rain	No, Light, Heavy	Earthworms and Butterflies

Weather	Wind	No, Light, Heavy	Earthworms and Butterflies
	Cloud cover	Sunny, Slightly cloudy, Thin overcast, Cloudy, Very cloudy, Complete coverage	Earthworms and Butterflies
	Soil humidity	Dry, Dried, Wet, Soggy, Waterlogged	Earthworms
	Date of last rain	Numeric (days from 01/01)	Earthworms and Invertebrates
	Date of last frost	Numeric (days from 01/01)	Earthworms
	Temperature	Numeric (°C)	Earthworms and Butterflies
Others	Board exposure	Sun, Semi-shade, Shade	Invertebrates
	Board humidity	Dry, Dried, Wet	Invertebrates
	Board place	Edge, Center	Invertebrates
	Board soil	Bare, Grassy	Invertebrates
	Latitude	numeric	All
	Longitude	numeric	All
	Installation date	Numeric (Days from 01/01)	Invertebrates and Bees
	Degree days	Numeric (GDD baseline 0°C)	All
	Distance of the transect	Numeric (meter)	Butterflies

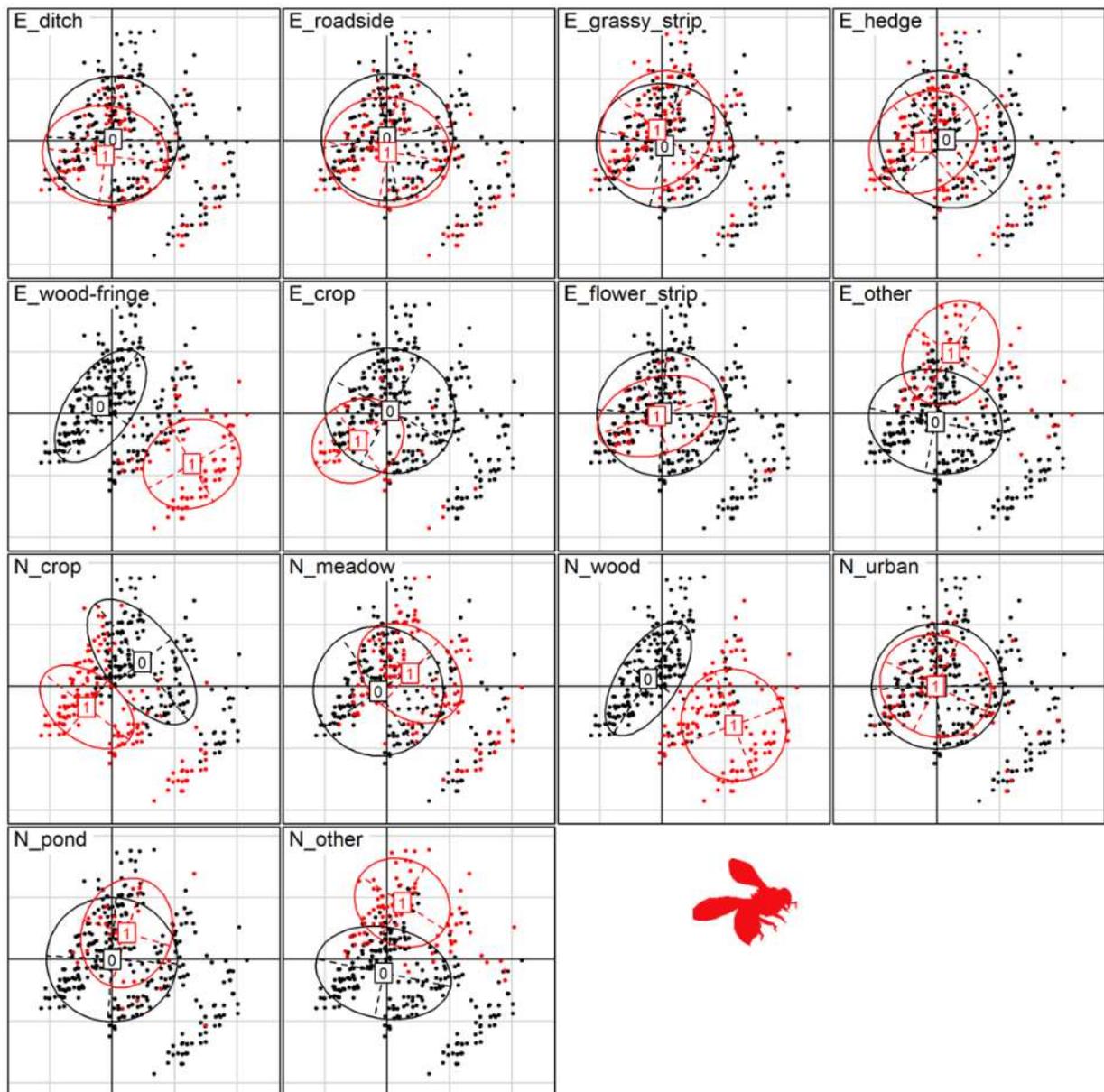


Figure S4. Importance of the landscape variables (E_ and N_ stand for respectively edges and neighbouring areas) in the axis of the MCA analysis for solitary bee data. Presence and absence of a given component in the surrounding landscape (close to the two trap nests) are coded with 1 and 0, respectively.

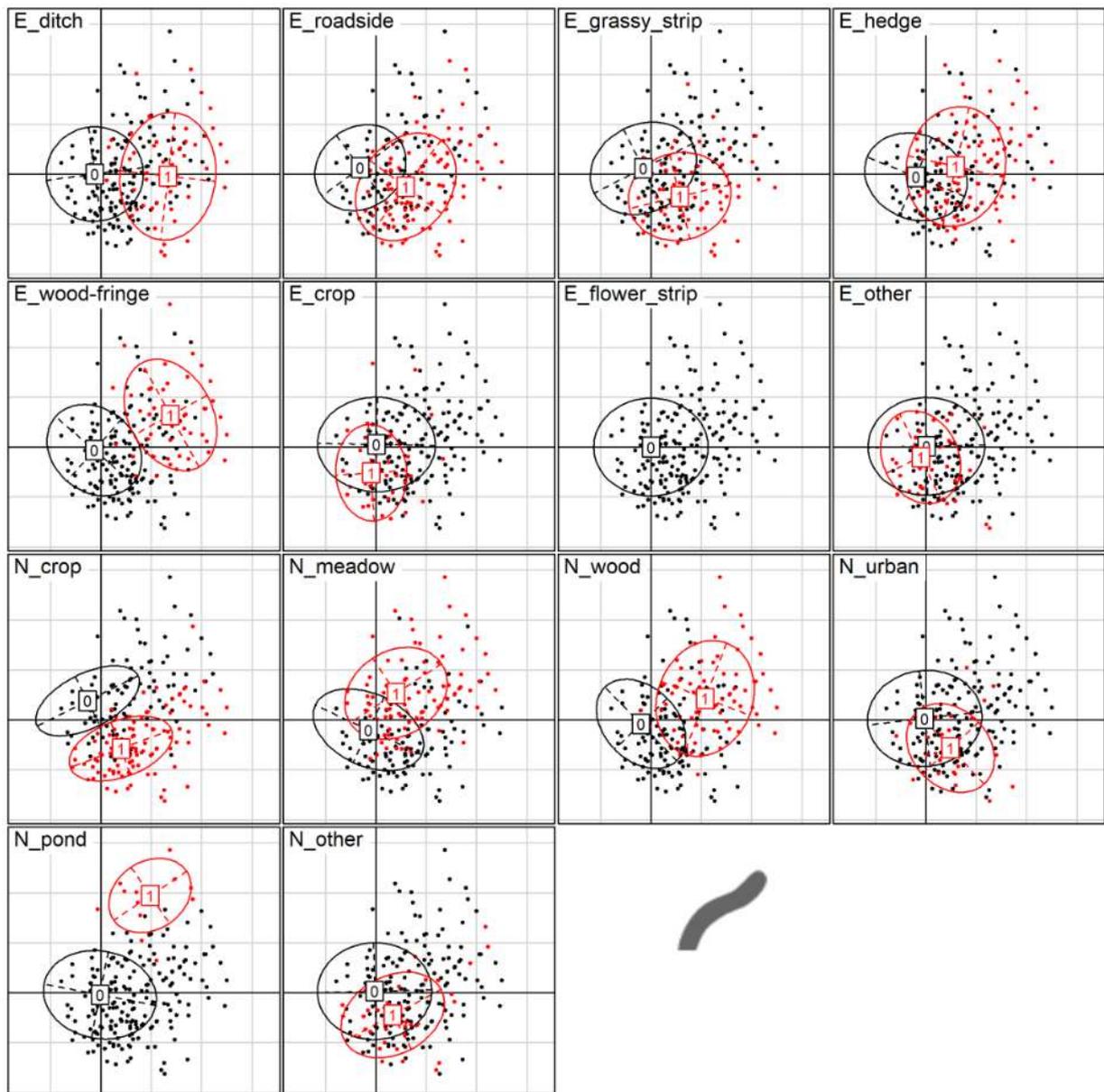


Figure S5. Importance of the landscape variables (E_ and N_ stand for respectively edges and neighbouring areas) in the axis of the MCA analysis for earthworm data. Presence and absence of a given component in the surrounding landscape (around the field) are coded with 1 and 0, respectively.

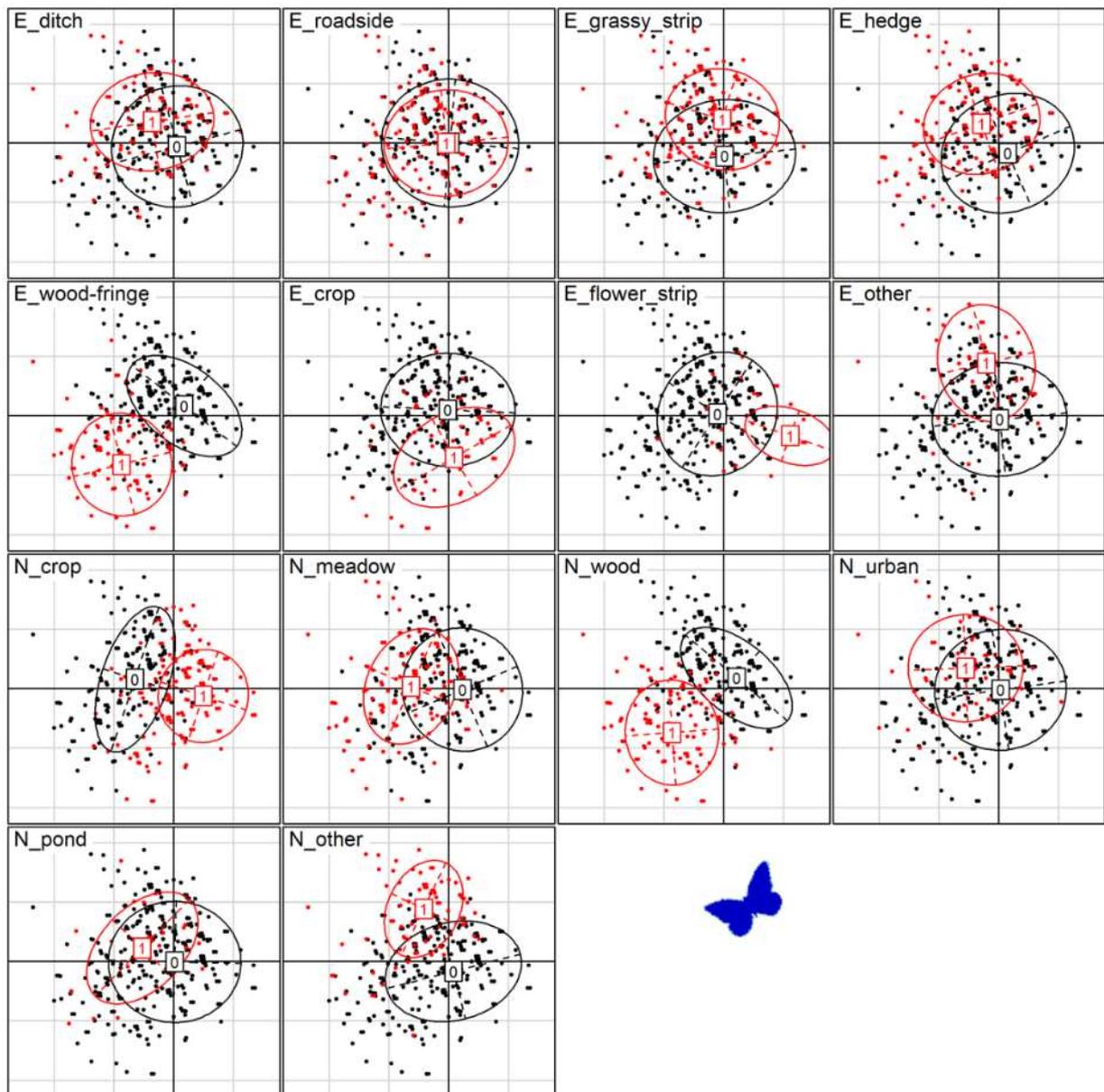


Figure S6. Importance of the landscape variables (E_ and N_ stand for respectively edges and neighbouring areas) in the axis of the MCA analysis for butterfly data. Presence and absence of a given component in the surrounding landscape (close to transect) are coded with 1 and 0, respectively.

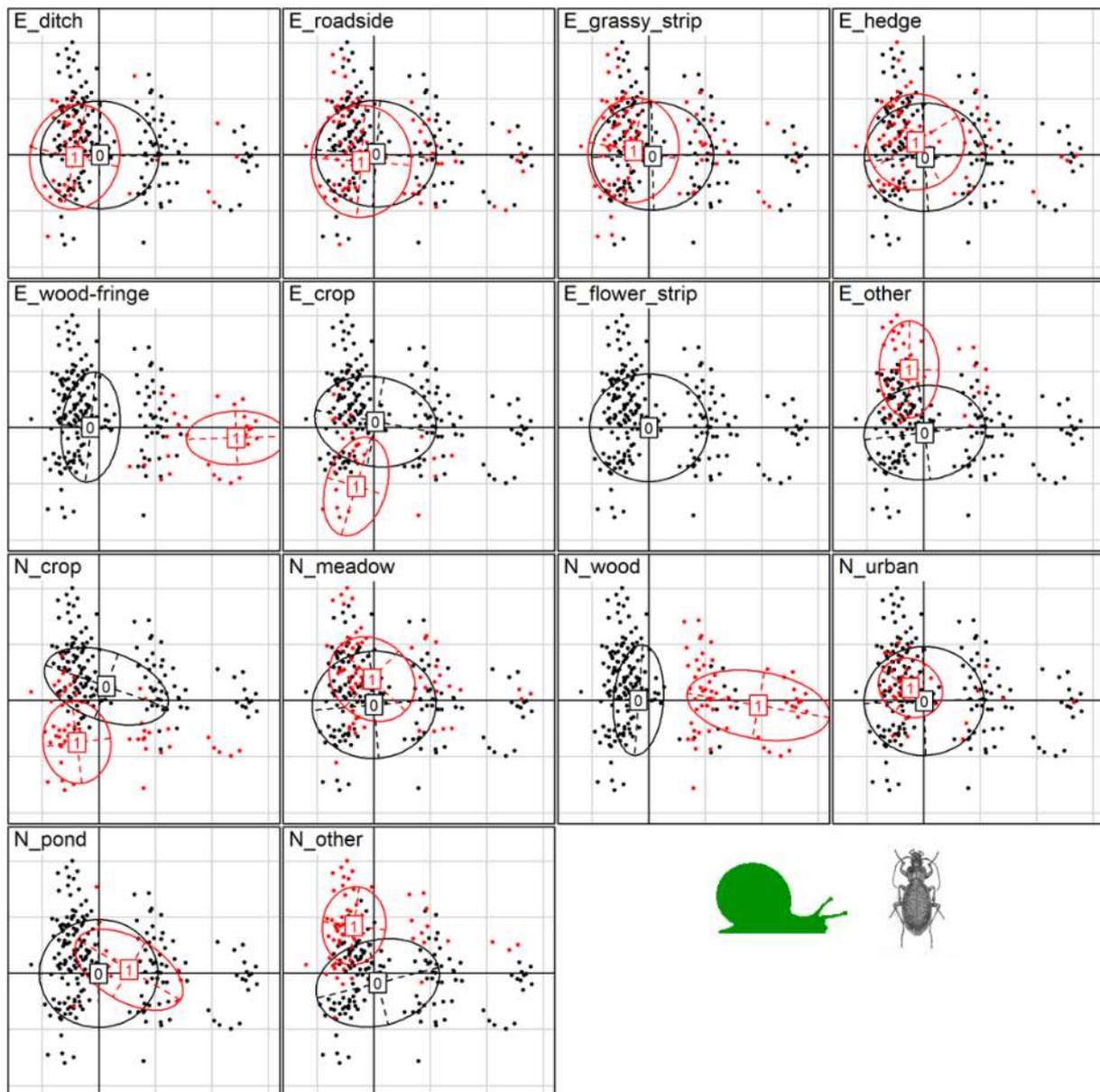


Figure S7. Importance of the landscape variables (E_ and N_ stand for respectively edges and neighbouring areas) in the axis of the MCA analysis for soil invertebrate data (molluscs and beetles). Presence and absence of a given component in the surrounding landscape (around the field) are coded with 1 and 0, respectively.

Table S2. Results of the GLMM models on abundance of solitary bees for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices and the MCA coordinates as proxy for landscape characteristics. The first axis of MCA represents proximity to woodland; the interpretation of the second axis is more variable (see main text and Fig. S4-5-6-7). Values are log-coefficients, followed by their significance (stars). Marginal and conditional R² give the variance explained by the model with and without the random “field” effect of the model (with variance σ^2).

<i>Bees</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	-0.17 **	-0.08	0.08	-0.50 ***
MCA1	0.27 ***	0.17	0.07	n/a
MCA2	n/a	-0.35 ***	-0.23 *	0.15
Pesticides	0.15 *	n/a	0.23 *	n/a
Mineral fertilization	-0.48 ***	0.22 *	0.16	n/a
Organic fertilization	-0.18 **	-0.06	-0.08	-0.14
Meadows' use: Mix	n/a	0.40	n/a	n/a
Meadows' use: Pasture	n/a	-0.70 ***	n/a	n/a
Interactions				
Year * Mineral fertilization	-0.13 *	n/a	0.22 *	n/a
Year * Organic fertilization	0.25 ***	0.27 **	0.21 **	0.29 **
Year * MCA1	n/a	-0.18 *	0.24 **	n/a
Year * MCA2	n/a	n/a	-0.15 *	0.37 **
Covariates				
Degree days	2.07 ***	2.55 ***	2.50 ***	2.12 ***
Degree days ²	-1.28 ***	-1.75 ***	-1.64 ***	-1.56 ***
Latitude	-0.39 ***	-0.25 *	n/a	n/a
Longitude	0.44 ***	0.39 ***	0.39 **	0.63 ***
Vegetation height	0.27 ***	n/a	0.16 **	n/a
Installation date	-0.12 *	-0.30 ***	-0.20 *	n/a
σ^2	3.73	2.60	3.08	2.80
Marginal R ² / Conditional R ²	0.234 / 0.843	0.295 / 0.825	0.230 / 0.816	0.249 / 0.801

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Table S3. Results of the GLMM models on abundance of butterflies for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices and the MCA coordinates as proxy for landscape characteristics. The first axis of MCA represents proximity to woodland; the interpretation of the second axis is more variable (see main text and Fig. S4-5-6-7). Values are log-coefficients, followed by their significance (stars). Marginal and conditional R² give the variance explained by the model with and without the random “field” effect of the model (with variance σ^2).

<i>Butterflies</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	-0.05	0.19 ***	-0.19 **	n/a
MCA1	n/a	-0.18 **	n/a	n/a
MCA2	n/a	-0.13	n/a	n/a
Pesticides	n/a	n/a	-0.1	n/a
Mineral fertilization	0.01	n/a	n/a	n/a
Inter-rows: Partly grassy	n/a	n/a	-0.18	n/a
Inter-rows: Bare	n/a	n/a	-0.60 **	n/a
Interactions				
Year * Pesticides	n/a	n/a	0.17 **	n/a
Year * Mineral fertilization	-0.08 *	n/a	n/a	n/a
Year * MCA2	n/a	0.14 **	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	1.69 ***	1.31 ***	0.93 ***	1.80 ***
Degree days ²	-1.51 ***	-1.23 ***	-1.01 ***	-1.77 ***
Latitude	-0.18 ***	-0.29 ***	-0.37 ***	n/a
Longitude	n/a	n/a	0.23 *	n/a
Cloud cover: Sunny	0.60 ***	0.70 ***	0.42	n/a
Cloud cover: Slightly cloudy	0.53 ***	0.45 *	0.56	n/a
Cloud cover: Thin overcast	0.44 **	0.94 ***	0.63	n/a
Cloud cover: Cloudy	0.35 **	0.47 *	0.13	n/a
Cloud cover: Very cloudy	0.07	-0.18	-0.61	n/a
Wind: Light	0.56 ***	0.46 **	n/a	n/a
Wind: No	0.66 ***	0.26	n/a	n/a
σ^2	0.47	0.43	0.61	0.4
Marginal R ² / Conditional R ²	0.260 / 0.601	0.252 / 0.566	0.279 / 0.705	0.188 / 0.529

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Table S4. Results of the GLMM models on abundance of earthworms for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices and the MCA coordinates as proxy for landscape characteristics. The first axis of MCA represents proximity to woodland; the interpretation of the second axis is more variable (see main text and Fig. S4-5-6-7). Values are log-coefficients, followed by their significance (stars).

<i>Earthworms</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>
Year, landscape, practices		
Year	n/a	-0.28 ***
Organic fertilization	n/a	0.15 *
Tillage: Deep ploughing	-0.28 *	n/a
Tillage: Direct sowing	0.81 ***	n/a
Meadow's age	n/a	0.27 ***
Covariates		
Degree days	-0.13 *	-0.14 *
Soil humidity: Waterlogged	0.56	-1.69 **
Soil humidity: Wet	-0.09	-0.79 *
Soil humidity: Dried	0.06	0.25
Soil humidity: Dry	-0.69 *	-0.36

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Table S5. Results of the GLMM models on abundance of beetles for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices and the MCA coordinates as proxy for landscape characteristics. The first axis of MCA represents proximity to woodland; the interpretation of the second axis is more variable (see main text and Fig. S4-5-6-7). Values are log-coefficients, followed by their significance (stars). Marginal and conditional R² give the variance explained by the model with and without the random “field” effect of the model (with variance σ^2).

<i>Beetles</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	0.30 ***	-0.20	0.30 ***	-1.00 ***
Pesticides	0.21 ***	0.45 *	n/a	0.53 *
Mineral fertilization	-0.06	0.31 **	0.22 *	0.19
Organic fertilization	n/a	0.26	n/a	0.05
Meadows' type: Permanent	n/a	-0.16	n/a	n/a
Interactions				
Year * Pesticides	n/a	0.69 ***	n/a	n/a
Year * Mineral fertilization	-0.08 *	-0.49 ***	0.18 *	-0.50 **
Year * Organic fertilization	n/a	-0.33 **	n/a	0.30 *
Year*(Meadows' type: Permanent)	n/a	0.70 ***	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	n/a	-0.13 **	-0.25 ***	-0.18 **
Degree days ²	-0.10 ***	n/a	n/a	n/a
Latitude	0.21 **	n/a	0.63 ***	n/a
Installation date	n/a	-0.40 **	0.24 *	n/a
Board humidity: Dried	-0.36 ***	n/a	0.59 ***	-0.18
Board humidity: Dry	-0.41 ***	n/a	0.67 ***	0.53 *
σ^2	1.21	1.81	1.70	1.60
Marginal R ² / Conditional R ²	0.068 / 0.597	0.151 / 0.764	0.127 / 0.486	0.177 / 0.778

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

Table S6. Results of the GLMM models on abundance of molluscs for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices and the MCA coordinates as proxy for landscape characteristics. The first axis of MCA represents proximity to woodland; the interpretation of the second axis is more variable (see main text and Fig. S4-5-6-7). Values are log-coefficients, followed by their significance (stars). Marginal and conditional R² give the variance explained by the model with and without the random “field” effect of the model (with variance σ^2).

<i>Molluscs</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	0.43 ***	-0.32 **	0.15 **	-0.29 ***
MCA2	0.10 ***	n/a	n/a	n/a
Pesticides	n/a	0.10	0.26 **	n/a
Mineral fertilization	n/a	n/a	n/a	0.14
Organic fertilization	0.10 *	-0.01	n/a	-0.16
Tillage: Deep ploughing	-0.07	n/a	n/a	n/a
Tillage: Direct sowing	0.54 ***	n/a	n/a	n/a
Meadows' use: Mix	n/a	-0.46 **	n/a	n/a
Meadows' use: Pasture	n/a	0.26	n/a	n/a
Meadows' type: Permanent	n/a	0.16	n/a	n/a
Inter-rows: Partly grassy	n/a	n/a	0.30	-0.09
Inter-rows: Bare	n/a	n/a	-0.98 ***	-1.59 ***
Interactions				
Year * Pesticides	n/a	0.24 *	n/a	n/a
Year * Organic fertilization	n/a	-0.59 ***	n/a	0.16 *
Year * Mineral fertilization	n/a	n/a	n/a	-0.29 **
Year*(Meadows' type: Permanent)	n/a	0.94 ***	n/a	n/a
Year*(Meadows' use: Mix)	n/a	0.24	n/a	n/a
Year*(Meadows' use: Pasture)	n/a	-0.13	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	-0.68 ***	-1.08 ***	-0.46 ***	-0.73 ***
Degree days ²	0.58 ***	0.86 ***	0.42 ***	0.51 ***
Longitude	n/a	n/a	0.35 **	n/a
Installation date	n/a	0.18 *	n/a	n/a
Board humidity: Dried	-0.07	-0.32 ***	0.15	n/a
Board humidity: Dry	-0.48 ***	-0.44 ***	-0.31 **	n/a
Board soil: Grass	0.19 **	n/a	0.28 **	n/a
σ^2	1.12	0.82	1.03	0.80
Marginal R ² / Conditional R ²	0.142 / 0.623	0.217 / 0.779	0.114 / 0.725	0.139 / 0.773

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

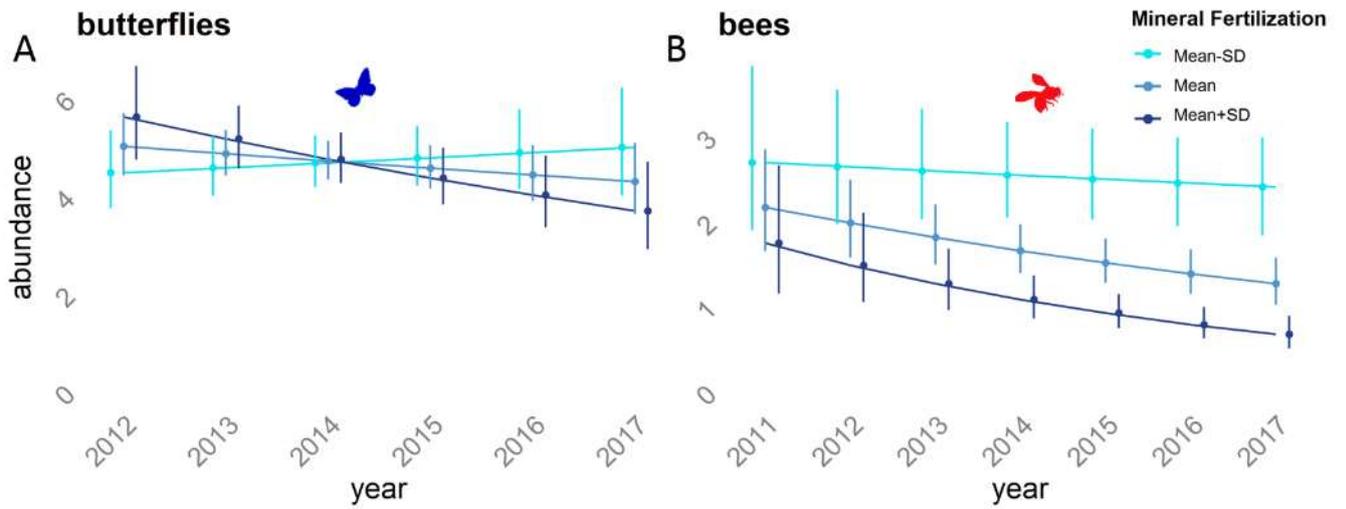


Figure S8. Relationship between mineral fertilization and temporal trends in butterfly and bee abundance in field crops. Mineral fertilization is characterized here by the number of applications, from high levels (dark blue line: mean plus one standard deviation), through medium levels (blue line: mean) to low values (light blue line: mean minus one standard deviation). Other variables are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms).

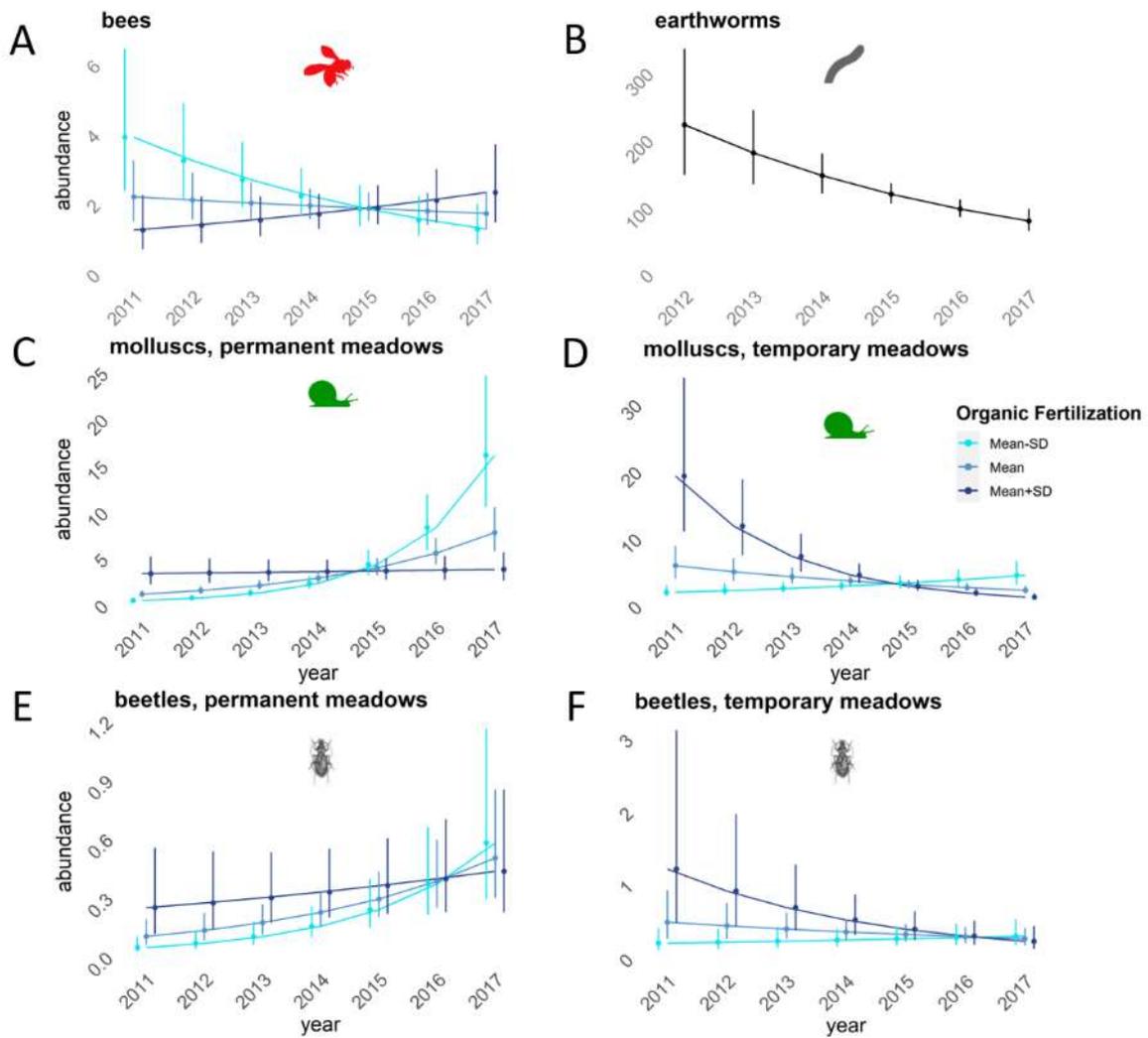


Figure S9. Relationship between organic fertilization and temporal trends in meadows. Organic fertilization is characterized here by the number of applications, from high levels (dark blue line: mean plus one standard deviation), through medium levels (blue line: mean) to low values (light blue line: mean minus one standard deviation). Other variables are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Beetle and mollusc abundance are predicted in permanent (C-E) and temporary meadows (D-F).

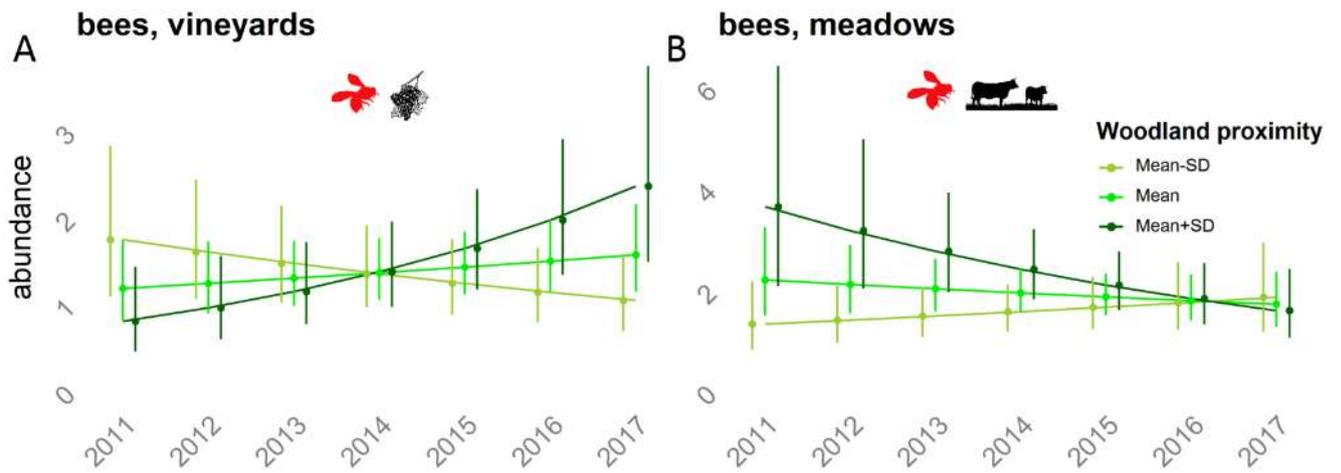


Figure S10. Relationship between landscape (woodland proximity) and temporal trends in bee abundance in vineyards (A) and meadows (B). Woodland proximity is characterized here by the coordinates of the first MCA axis (Fig. S4), from high levels (dark green line: mean plus one standard deviation), through medium levels (green line: mean) to low values (light green line: mean minus one standard deviation). Other variables are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using the total number of applications as proxy for practices.

Table S7. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of solitary bees for each crop type, using PCA coordinates as proxy for farming practices.

<i>Bees</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1.15	1.34	1.32	1.24
MCA1	1.01	1.06	1.20	1.19
MCA2	n/a	1.14	1.18	1.22
PCA1	1.07	1.08	1.06	1.14
PCA2	1.44	n/a	n/a	1.15
Meadows' use	n/a	1.18	n/a	n/a
Inter-rows	n/a	n/a	1.18	n/a
Interactions				
Year*PCA1	1.12	1.10	n/a	1.25
Year*PCA2	1.45	n/a	n/a	n/a
Year * MCA1	n/a	1.07	1.35	1.53
Year * MCA2	n/a	n/a	1.25	1.29
Covariates				
Degree days	15.96	16.62	13.82	14.74
Degree days ²	16.06	16.57	13.67	14.78
Longitude	1.11	1.09	1.18	1.05
Latitude	1.12	1.04	n/a	n/a
Vegetation height	1.05	n/a	1.10	n/a
Installation date	1.07	1.22	1.15	1.11

Table S8. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of solitary bees for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices.

<i>Bees</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1.17	1.37	1.42	1.02
MCA1	1.02	1.07	1.27	n/a
MCA2	n/a	1.13	1.19	1.05
Pesticides	1.36	n/a	1.18	n/a
Mineral fertilization	1.53	1.10	1.52	n/a
Organic fertilization	1.21	1.11	1.18	1.03
Meadows' use	n/a	1.23	n/a	n/a
Interactions				
Year * Mineral fertilization	1.20	n/a	1.48	n/a
Year * Organic fertilization	1.19	1.09	1.15	1.05
Year * MCA1	n/a	1.07	1.36	n/a
Year * MCA2	n/a	n/a	1.26	1.06
Covariates				
Degree days	16.10	16.59	13.93	14.51
Degree days ²	16.21	16.53	13.77	14.50
Latitude	1.11	1.06	n/a	n/a
Longitude	1.12	1.09	1.27	1.03
Vegetation height	1.05	n/a	1.18	n/a
Installation date	1.07	1.21	1.15	n/a

Table S9. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of butterflies for each crop type, using PCA coordinates as proxy for farming practices.

<i>Butterflies</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1.11	1.15	1.17	n/a
MCA1	n/a	1.09	n/a	n/a
MCA2	n/a	1.09	n/a	n/a
PCA1	1.12	n/a	n/a	n/a
Inter-rows	n/a	n/a	1.18	n/a
Interactions				
Year*PCA1	1.04	n/a	n/a	n/a
Year *MCA2	n/a	1.05	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	18.14	14.24	14.84	13.65
Degree days ²	18.05	14.31	14.93	13.65
Latitude	1.10	1.05	1.17	n/a
Longitude	n/a	n/a	1.14	n/a
Cloud cover	1.17	1.20	1.21	n/a
Wind	1.05	1.08	n/a	n/a

Table S10. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of butterflies for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices

<i>Butterflies</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1.09	1.15	1.33	n/a
MCA1	n/a	1.09	n/a	n/a
MCA2	n/a	1.09	n/a	n/a
Pesticides	n/a	n/a	1.30	n/a
Mineral fertilization	1.03	n/a	n/a	n/a
Inter-rows	n/a	n/a	1.37	n/a
Interactions				
Year * Pesticides	n/a	n/a	1.38	n/a
Year * Mineral fertilization	1.01	n/a	n/a	n/a
Year * MCA2	n/a	1.05	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	18.12	14.24	15.02	13.65
Degree days ²	18.03	14.31	14.95	13.65
Latitude	1.05	1.05	1.25	n/a
Longitude	n/a	n/a	1.15	n/a
Cloud cover	1.16	1.20	1.24	n/a
Wind	1.05	1.08	n/a	n/a

Table S11. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of earthworms for each crop type, using PCA coordinates as proxy for farming practices.

<i>Earthworms</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>
Year, landscape, practices		
Year	n/a	1.51
Organic fertilization	n/a	1.25
Tillage	1.12	n/a
Meadow's age	n/a	1.13
Covariates		
Degree days	1.10	1.11
Soil humidity	1.08	1.84

Table S12. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of earthworms for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices.

<i>Earthworms</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>
Year, landscape, practices		
Year	n/a	1.54
PCA1	n/a	1.22
Tillage	1.12	n/a
Meadow's age	n/a	1.10
Covariates		
Degree days	1.10	1.11
Soil humidity	1.08	1.82

Table S13. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of beetles for each crop type, using PCA coordinates as proxy for farming practices.

<i>Beetles</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1,13	2,54	1,29	1,10
PCA1	1,09	1,13	1,08	1,09
PCA2	1,76	1,48	n/a	n/a
Meadows' type	n/a	1,12	n/a	n/a
Interactions				
Year*PCA1	n/a	1,32	n/a	1,12
Year*PCA2	1,72	1,28	n/a	n/a
Year*(Meadows' type)	n/a	2,07	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	n/a	1,01	1,08	1,06
Degree days ²	1,01	n/a	n/a	n/a
Latitude	1,04	n/a	1,47	n/a
Installation date	n/a	1,12	1,29	n/a
Board humidity	1,08	n/a	1,03	1,06

Table S14. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of beetles for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices.

<i>Beetles</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1,18	2,53	1,29	1,36
Pesticides	1,35	1,65	n/a	1,11
Mineral fertilization	1,24	1,50	1,25	1,43
Organic fertilization	n/a	1,03	n/a	1,04
Meadows' type	n/a	1,13	n/a	n/a
Interactions				
Year * Pesticides	n/a	1,87	n/a	n/a
Year * Mineral fertilization	1,04	1,26	1,30	1,32
Year * Organic fertilization	n/a	1,49	n/a	1,05
Year*(Meadows' type)	n/a	2,23	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	n/a	1,02	1,08	1,04
Degree days ²	1,01	n/a	n/a	n/a
Latitude	1,04	n/a	1,48	n/a
Installation date	n/a	1,17	1,30	n/a
Board humidity	1,08	n/a	1,03	1,09

Table S15. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of molluscs for each crop type, using PCA coordinates as proxy for farming practices.

<i>Molluscs</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	2,24	6,25	1,19	1,24
MCA2	1,03	n/a	n/a	n/a
PCA1	1,06	1,34	1,12	1,15
PCA2	1,72	1,52	1,11	1,44
Tillage	1,56	n/a	n/a	n/a
Inter-rows	n/a	n/a	1,40	1,31
Meadows' type	n/a	1,29	n/a	n/a
Meadows' use	n/a	1,35	n/a	n/a
Interactions				
Year*PCA1	1,05	1,73	1,43	1,24
Year*PCA2	1,73	1,34	1,26	n/a
Year*(Tillage)	3,22	n/a	n/a	n/a
Year*(Meadows' use)	n/a	5,41	n/a	n/a
Year*(Meadows' type)	n/a	2,84	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	15,51	15,48	13,29	16,22
Degree days ²	15,41	15,39	13,25	16,02
Longitude	n/a	n/a	1,06	n/a
Board humidity	1,11	1,08	1,09	n/a
Board soil	1,07	n/a	1,03	n/a

Table S16. Variance inflation factor for each variable of the GLMM models on abundance of molluscs for each crop type, using the total number of applications as proxy for practices.

<i>Molluscs</i>	<i>Field crops</i>	<i>Meadows</i>	<i>Vineyards</i>	<i>Orchards</i>
Year, landscape, practices				
Year	1,17	6,62	1,14	1,53
MCA2	1,02	n/a	n/a	n/a
Pesticides	n/a	1,72	1,09	n/a
Mineral fertilization	n/a	n/a	n/a	1,50
Organic fertilization	1,02	1,14	n/a	1,22
Tillage	1,10	n/a	n/a	n/a
Meadows' use	n/a	1,40	n/a	n/a
Meadows' type	n/a	1,23	n/a	n/a
Inter-rows	n/a	n/a	1,11	1,43
Interactions				
Year * Pesticides	n/a	1,83	n/a	n/a
Year * Organic fertilization	n/a	1,75	n/a	1,20
Year * Mineral fertilization	n/a	n/a	n/a	1,67
Year*(Meadows' type)	n/a	3,00	n/a	n/a
Year*(Meadows' use)	n/a	6,26	n/a	n/a
Covariates				
Degree days	15,29	15,62	13,04	16,49
Degree days ²	15,22	15,49	12,97	16,24
Longitude	n/a	n/a	1,04	n/a
Installation date	n/a	1,33	n/a	n/a
Board humidity	1,07	1,07	1,06	n/a
Board soil	1,06	n/a	1,03	n/a

Table S17. Moran's indices describing spatial autocorrelation in the residuals of GLMM models on abundance for each taxonomic group, crop type and proxy for farming practices. Moran's I can vary between -1 and 1: the values we observed are generally close to 0.

Moran's I indices	P-values	Taxonomic groups	Crops	Practices proxy
0,03	0,01	Solitary bees	Field crops	PCA axis
0,06	0,07	Solitary bees	Meadows	PCA axis
0,04	0,13	Solitary bees	Vineyards	PCA axis
0,03	0,43	Solitary bees	Orchards	PCA axis
0,03	0,01	Solitary bees	Field crops	Number of applications
0,05	0,09	Solitary bees	Meadows	Number of applications
0,04	0,14	Solitary bees	Vineyards	Number of applications
0,02	0,56	Solitary bees	Orchards	Number of applications
0,13	1,24E-09	Butterflies	Field crops	PCA axis
0,21	1,73E-05	Butterflies	Meadows	PCA axis
0,28	6,01E-08	Butterflies	Vineyards	PCA axis
0,03	0,60	Butterflies	Orchards	PCA axis
0,13	1,23E-09	Butterflies	Field crops	Number of applications
0,21	3,29E-05	Butterflies	Meadows	Number of applications
0,24	1,69E-06	Butterflies	Vineyards	Number of applications
0,03	0,59	Butterflies	Orchards	Number of applications
0,03	0,17	Earthworms	Field crops	PCA axis
0,11	0,05	Earthworms	Meadows	PCA axis
0,03	0,18	Earthworms	Field crops	Number of applications
0,10	0,07	Earthworms	Meadows	Number of applications
0,09	1,75E-04	Beetles	Field crops	PCA axis
0,02	0,65	Beetles	Meadows	PCA axis
-0,06	0,30	Beetles	Vineyards	PCA axis
0,06	0,21	Beetles	Orchards	PCA axis
0,09	1,50E-04	Beetles	Field crops	Number of applications
0,02	0,54	Beetles	Meadows	Number of applications
-0,04	0,58	Beetles	Vineyards	Number of applications
0,02	0,54	Beetles	Orchards	Number of applications
0,05	0,02	Molluscs	Field crops	PCA axis
0,06	0,17	Molluscs	Meadows	PCA axis
0,13	3,25E-03	Molluscs	Vineyards	PCA axis
0,07	0,14	Molluscs	Orchards	PCA axis
0,05	0,02	Molluscs	Field crops	Number of applications
0,07	0,13	Molluscs	Meadows	Number of applications
0,12	0,01	Molluscs	Vineyards	Number of applications
0,04	0,34	Molluscs	Orchards	Number of applications



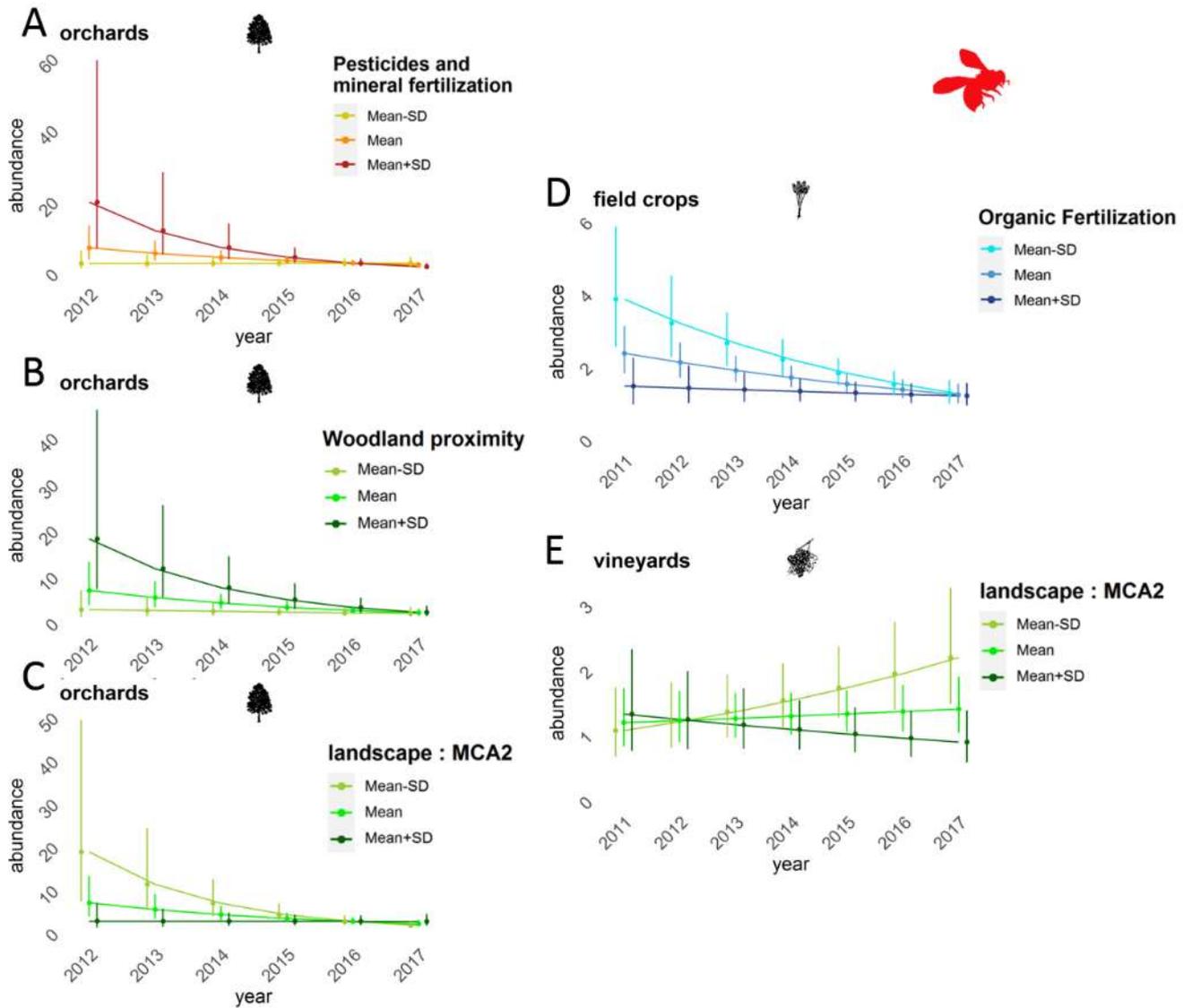


Figure S11-A. Illustration of significant interactions of landscape/practices (using PCA coordinates) variables with the year effect, for models of temporal trends in abundance of solitary bees. Trends are shown for three contrasting values of the practice/landscape variable, from fields with a high level of use or high proximity to a landscape structure (darker line: mean plus one standard deviation) to fields with an average (medium line: mean) or low level (lighter line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using PCA coordinates as proxy for farming practices.

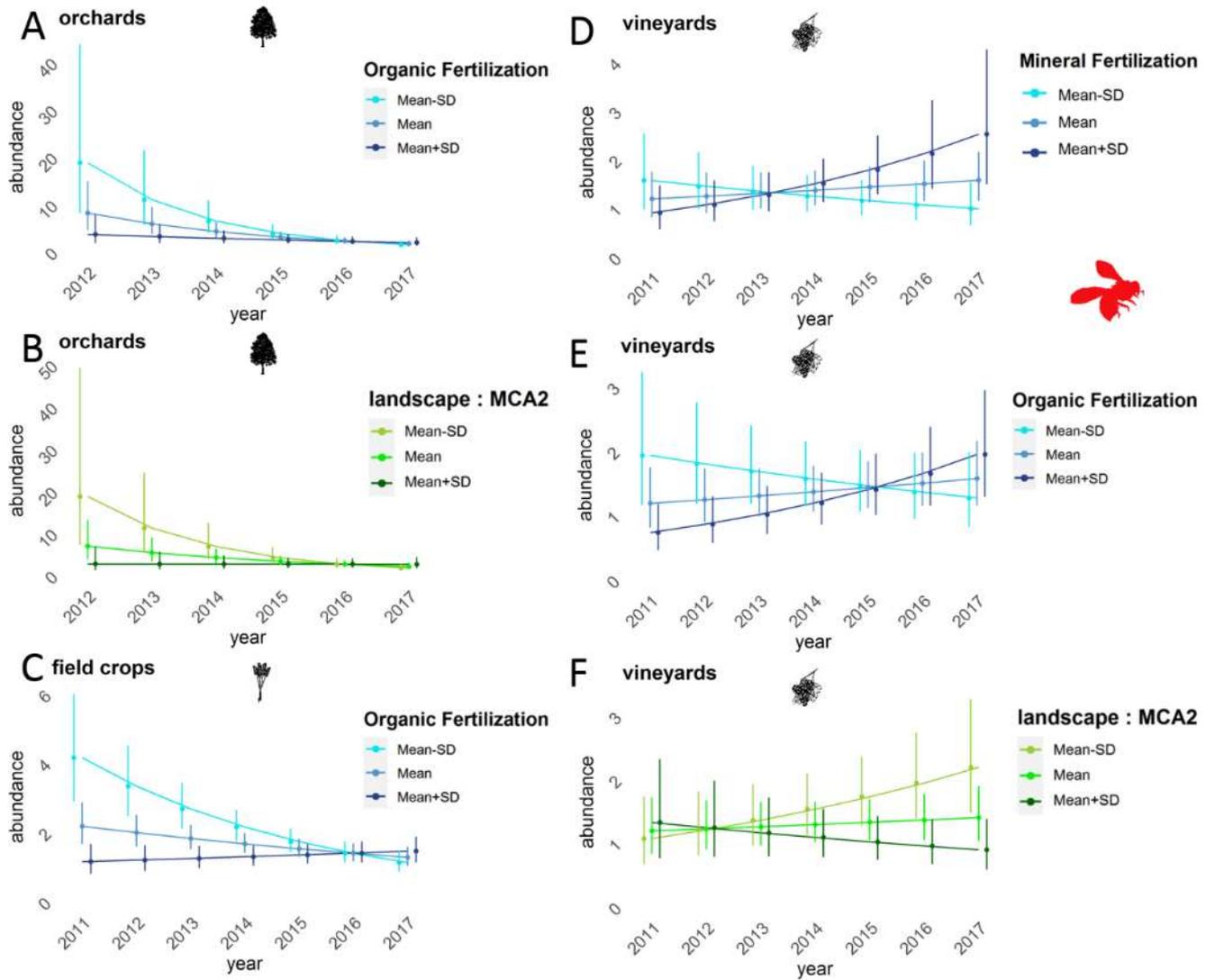


Figure S11-B. Illustration of significant interactions of landscape/practices (using the total number of applications) variables with the year effect, for models of temporal trends in abundance of solitary bees. Trends are shown for three contrasting values of the practice/landscape variable, from fields with a high level of use or high proximity to a landscape structure (darker line: mean plus one standard deviation) to fields with an average (medium line: mean) or low level (lighter line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using the total number of applications as proxy for practices.

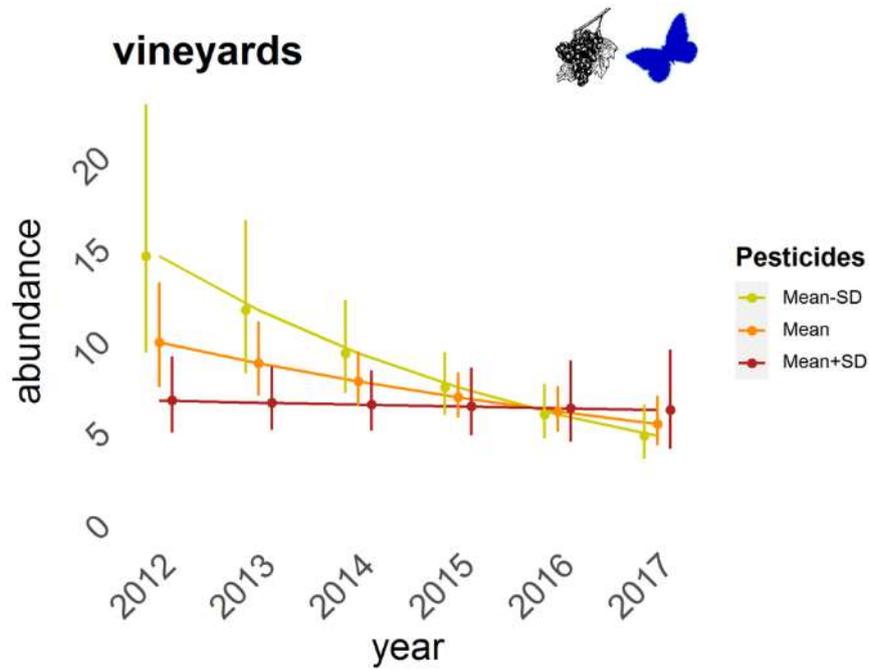


Figure S12. Relationship between pesticide use (total number of applications) and temporal trends of butterflies in vineyards. Trends are shown for three contrasting values of pesticide use, from high levels (red line: mean plus one standard deviation), through medium levels (orange line: mean) to low values (yellow line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predictions are computed from models using the total number of applications as proxy for practices.

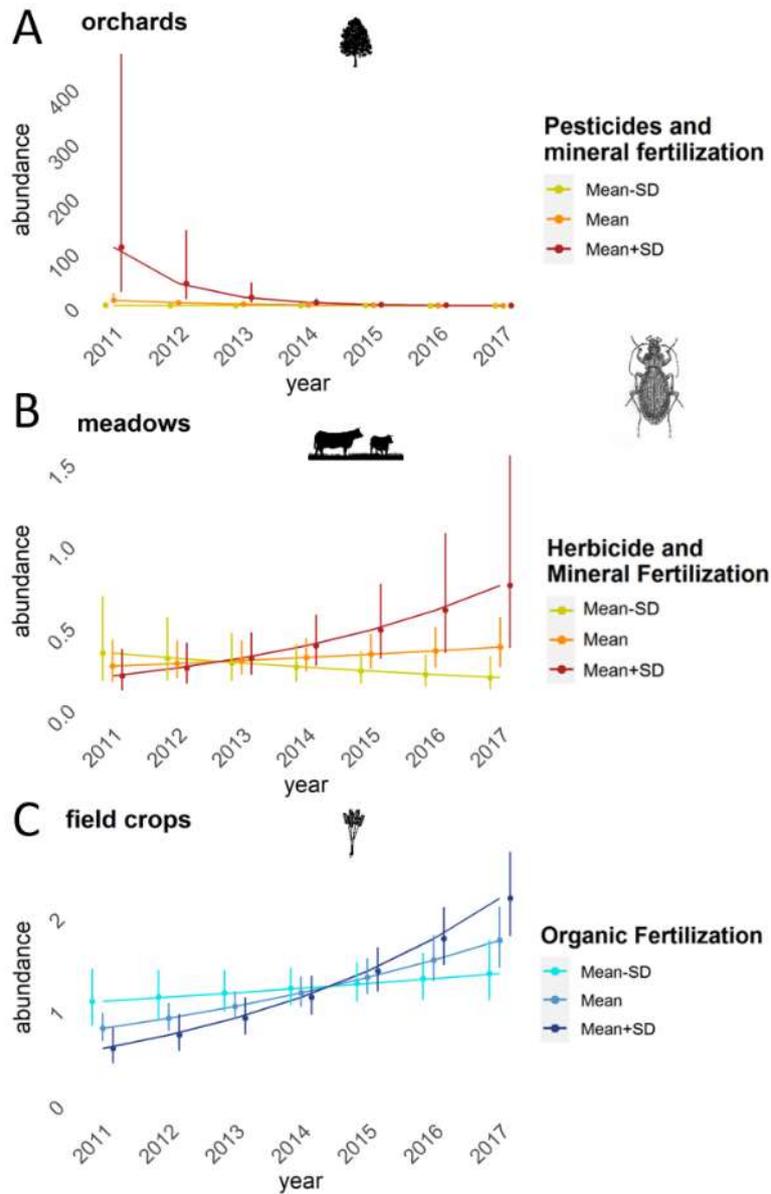


Figure S13-A. Illustration of significant interactions of landscape/practices (using PCA coordinates) variables with the year effect, for models of temporal trends in abundance of beetles. Trends are shown for three contrasting values of the practice/landscape variable, from fields with a high level of use or high proximity to a landscape structure (darker line: mean plus one standard deviation) to fields with an average (medium line: mean) or low level (lighter line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using PCA coordinates as proxy for practices.

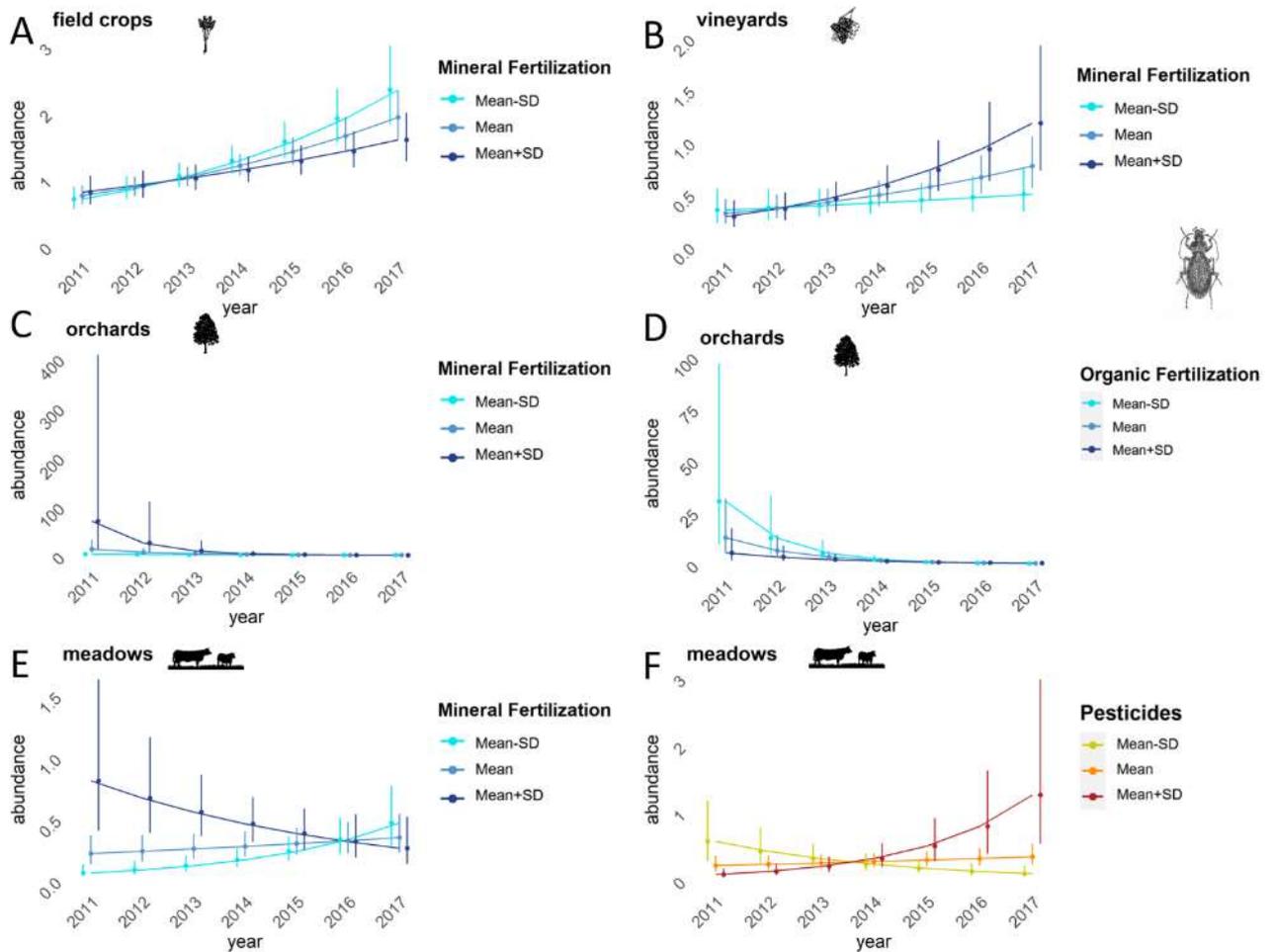


Figure S13-B. Illustration of significant interactions of landscape/practices (using the total number of applications) variables with the year effect, for models of temporal trends in abundance of beetles. Trends are shown for three contrasting values of the practice/landscape variable, from fields with a high level of use or high proximity to a landscape structure (darker line: mean plus one standard deviation) to fields with an average (medium line: mean) or low level (lighter line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using the total number of applications as proxy for practices.

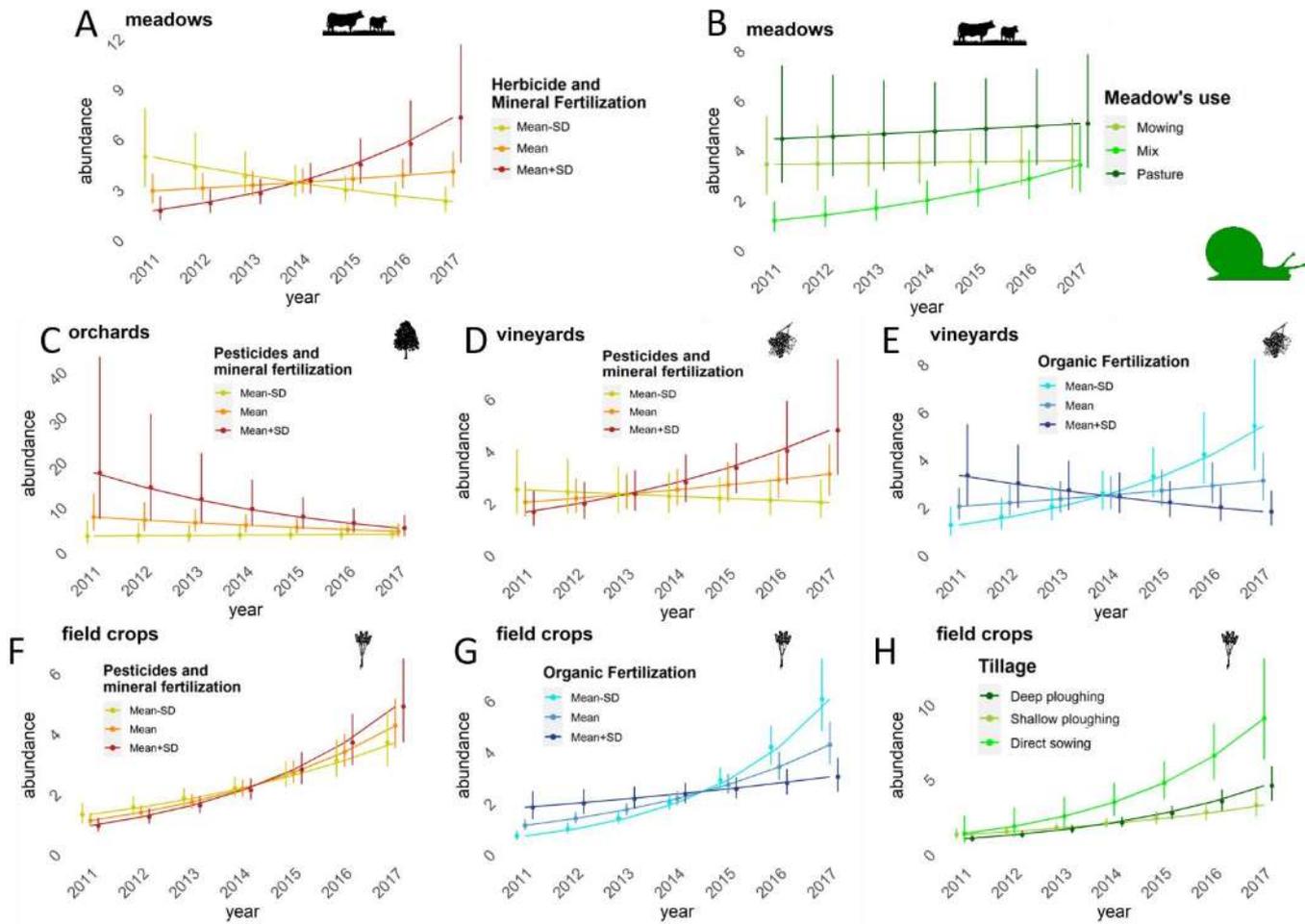


Figure S14-A. Illustration of significant interactions of landscape/practices (using PCA coordinates) variables with the year effect, for models of temporal trends in abundance of molluscs. Trends are shown for three contrasting values of the practice/landscape variable, from fields with a high level of use or high proximity to a landscape structure (darker line: mean plus one standard deviation) to fields with an average (medium line: mean) or low level (lighter line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predicts are computed from models using PCA coordinates as proxy for practices.

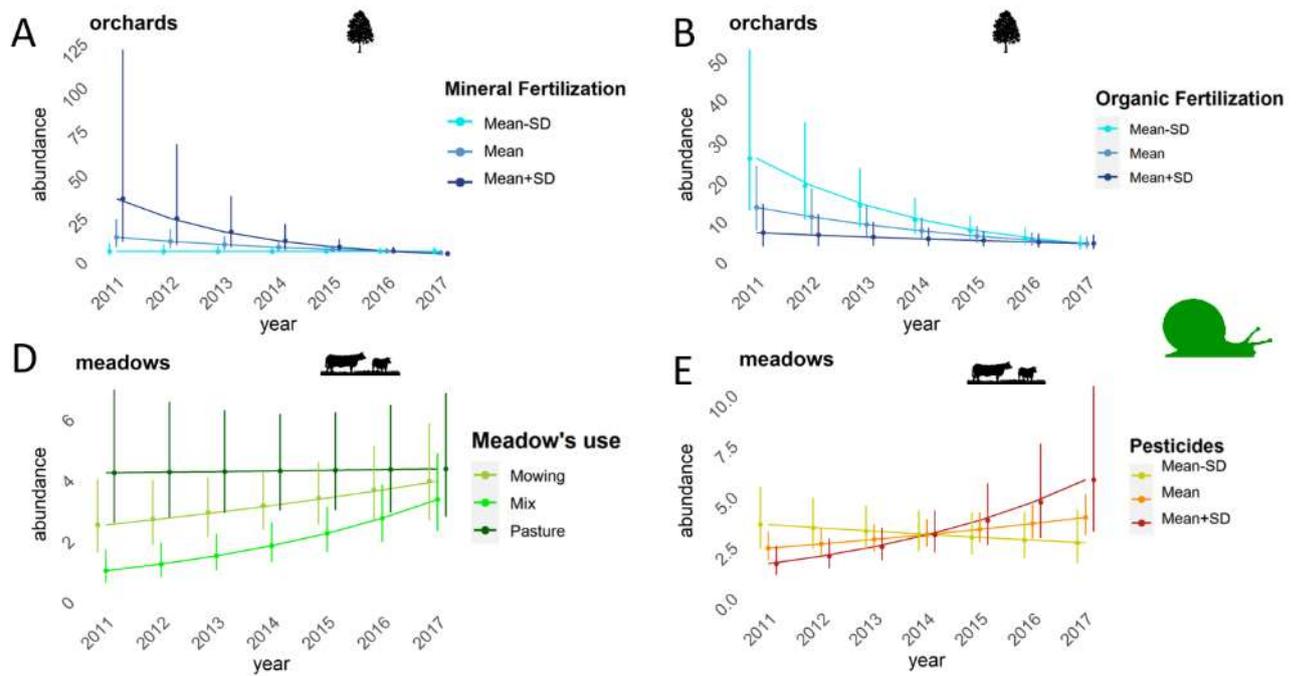


Figure S14-B. Illustration of significant interactions of landscape/practices (using the total number of applications) variables with the year effect, for models of temporal trends in abundance of molluscs. Trends are shown for three contrasting values of the practice/landscape variable, from fields with a high level of use or high proximity to a landscape structure (darker line: mean plus one standard deviation) to fields with an average (medium line: mean) or low level (lighter line: mean minus one standard deviation). Other terms are at their mean (quantitative terms) or representative levels (qualitative terms). Predictions are computed from models using the total number of applications as proxy for practices.

5 Influence inter-annuelle des cultures à floraison massive sur les abeilles solitaires

Dans ce chapitre nous présenterons une deuxième étude utilisant les données de l'OAB. Nous nous sommes intéressés à l'influence des cultures à floraison massive sur l'abondance des abeilles solitaires. Comme pour le chapitre 4, nous introduirons rapidement le contexte de l'étude ainsi que la méthode et ses principaux résultats, avant de laisser place à l'article écrit.

5.1 Étude des effets des cultures de colza et de tournesol sur les observations dans les nichoirs à abeilles solitaires

5.1.1 Contexte et méthodologie

Les cultures à floraison massive (MFC), telles que le colza ou le tournesol, ont un rôle ambigu envers la biodiversité. D'un côté, ces dernières sont susceptibles d'apporter une ressource florale importante pour la biodiversité, augmentant l'abondance et la richesse en espèce (DIEKÖTTER, PETER et al. 2014; LE FÉON et al. 2013). Néanmoins, ces monocultures procurent une ressource alimentaire sur une période généralement assez courte ce qui peut perturber les interactions plantes-pollinisateurs (DIEKÖTTER, KADOYA et al. 2010). De plus, elles simplifient le paysage agricole et sont souvent associées à une agriculture intensive utilisatrice d'intrants (HOLZSCHUH, DAINESE et al. 2016; SHAW et al. 2020).

Nous avons mobilisé les données de l'OAB pour étudier à l'échelle française l'effet des MFC sur l'observation des opercules (signes de nidification) dans les nichoirs à abeilles. Nous avons couplé les observations de l'OAB aux informations du Registre Parcellaire Graphique¹ qui fournit tous les ans les cultures principales de chaque

1. Merci aux collègues de l'Observatoire du Développement Rural (ODR) et du DYNAFOR pour l'accès aux données

5. Influence inter-annuelle des cultures à floraison massive sur les abeilles solitaires

parcelle en France. Ainsi, nous avons cherché à comprendre les liens entre d'une part la surface de colza ou de tournesol dans le paysage autour des nichoirs et d'autre part le nombre de tubes occupés l'année de culture (N) mais aussi l'année suivante (N+1). Intégrer l'abondance d'opercules l'année suivante permet d'examiner si la présence de MFC dans le paysage a un effet temporel, par exemple en influençant le succès de reproduction des abeilles. Enfin, nous avons également pris en compte les surfaces de prairies permanentes et temporaires qui représentent des ressources florales intéressantes.

L'analyse statistique a été menée à partir de modèle de type *hurdle*, qui sont des modèles en deux parties et gérant efficacement des proportions importantes de zéro (J. M. POTTS et ELITH 2006). Cette méthode modélise deux processus, l'un de présence/absence, le second de l'abondance d'abeilles, conditionnée à leur présence. On ne suppose qu'un seul processus de production de zéro² (nous n'avons pas d'hypothèses fortes sur la présence/absence d'abeilles) mais en distinguant la présence de l'abondance.

5.1.2 Résultats et discussions : effet positif du colza, plus ambigu pour le tournesol

Nous avons trouvé des relations positives entre la présence d'éléments paysagers pourvoyeurs de ressource florale et l'abondance d'abeilles. Nous avons également constaté un effet différent de cette ressource si nous considérons tous les types d'opercules, ou bien seulement ceux constitués de terre. Ces derniers représentent malgré tout plus de la moitié des observations dans l'OAB et sont sûrement fabriqués en grande majorité par des abeilles du genre des Osmies, assez précoces dans la saison.

Ainsi, la surface de colza est corrélée positivement à l'abondance d'abeilles solitaires l'année suivante, démontrant un effet temporel de ces cultures, sûrement en lien avec le succès reproducteur. En fournissant une ressource florale abondante, les champs de colza permettraient aux reproductrices de former des nids de meilleure qualité et mieux approvisionnés en nourriture pour les larves. Inversement, la corrélation avec la surface de tournesol est plus contrastée, positive l'année en cours lorsqu'on considère l'ensemble des opercules réalisés par les abeilles, mais négative pour les opercules en terre l'année suivante. Cet effet négatif peut se comprendre si une grande partie des abeilles réalisant des opercules en terre sont des Osmies, celles-ci étant précoces elles ne sont plus en vol lors de la floraison du tournesol mais l'implantation de ce dernier empêche la présence d'une autre ressource au printemps. Enfin, les prairies permanentes sont corrélées positivement avec l'abondance d'abeilles et de manière plus forte que les MFC, démontrant encore une fois le rôle important de ces espaces semi-naturels.

2. Ce qui distingue cette modélisation statistique des modèles de "zero-inflation"

5. *Influence inter-annuelle des cultures à floraison massive sur les abeilles solitaires*

Ces résultats démontrent le potentiel intérêt des MFC dans le paysage et comme ressource florale, tout en le nuancant cependant, puisque les prairies permanentes semblent plus importantes et que l'effet des MFC paraît également dépendre des espèces d'abeilles. En effet, en commençant à rentrer dans le détail des espèces (malgré la faible précision taxonomique de nos données) nous remarquons bien une différence d'effet du tournesol, sûrement lié à la différence de phénologie³ des espèces étudiées.

5.2 Article

3. La phénologie est le déroulé temporel des phases de développements saisonniers des organismes : date de nidification, de ponte, de floraison, etc.

1 Landscape floral resources provided by rapeseed correlate
2 with next-year reproduction of cavity-nesting pollinators
3 in a national participatory monitoring program

4 Victor Van der Meersch · Olivier
5 Billaud · Magali San Cristobal · Aude
6 Vialatte · Emmanuelle Porcher ·

7
8 Réponse aux premières reviews le 29-07-2021

9 **Abstract** *Context* Wild pollinators depend on floral resources available
10 in the landscape, partly provided by mass flowering crops (MFCs), such as
11 rapeseed or sunflower. MFCs are however often grown conventionally, implying
12 insecticide use, with potential negative effects on pollinators.

13 *Objectives* To understand whether and to what extent these crops could
14 contribute to the maintenance of pollinator populations, we investigated the

Grants or other notes about the article that should go on the front page should be placed here. General acknowledgments should be placed at the end of the article.

Victor Van der Meersch
Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France

Olivier Billaud
Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France

Magali San Cristobal
Dynamique et Ecologie des Paysages Agriforestiers (DYNAFOR), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Université de Toulouse, Castanet Tolosan, France

Aude Vialatte
Dynamique et Ecologie des Paysages Agriforestiers (DYNAFOR), Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, Université de Toulouse, Castanet Tolosan, France

Emmanuelle Porcher
Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France
E-mail: emmanuelle.porcher@mnhnfr

15 inter-annual correlation between MFC resources and the reproduction of cavity-
16 nesting pollinators (solitary bees and wasps) at a national scale.

17 **Methods** We studied a standardized citizen science dataset, in which farm-
18 ers collected data on the abundance of sealed tubes in trap nests, between
19 2012 and 2017, in nearly 600 fields distributed across France. We modelled the
20 relation between nesting and landscape resources of the current and previous
21 year, taking local farming practices into account.

22 **Results** Pollinator nesting was positively correlated with the quantity of
23 rapeseed floral resources the year preceding observations, as well as with the
24 area of permanent meadows. On the contrary, we found more variable relations
25 with sunflower floral resources, depending on the type of sealing material,
26 hence likely on the phenology of pollinators. Our models also confirm that
27 local practices should be accounted for when assessing the influence of the
28 landscape context, although their effects were difficult to interpret.

29 **Conclusions** That solitary bee and wasp reproduction is likely to be pos-
30 itively and durably affected by rapeseed cover. Moderate areas of rapeseed
31 may help maintaining pollinators, in combination with semi-natural habitats,
32 which provide more diverse and stable food and nesting sites.

33

34 **Keywords** agriculture; · biodiversity; · citizen science; · Osmia; · solitary
35 bees; · pollination; · floral resources; · mass-flowering crops

1 Introduction

Agriculture and biodiversity are inter-linked. The observed trend toward the intensification of farming practices and the homogenization of landscapes over the past decades have triggered significant negative impacts on insect diversity and abundance (Benton et al. 2002; Sánchez-Bayo and Wyckhuys 2019). In particular, pollinators are known to decline because of several human-related drivers, including habitat loss and use of agrochemicals (Potts et al. 2010; Vanbergen and the Insect Pollinators Initiative 2013). This major loss of insects could have negative effects on ecosystem functioning, as insects play a central role in a variety of processes, including pollination: 80% of wild plants are estimated to depend on animals for pollination (Ollerton, Winfree, and Tarrant 2011), and 35% of global agricultural production comes from crops that depend on pollinators (Klein et al. 2007). In turn, many pollinator species depend at least partially on floral resource availability and accessibility (Potts et al. 2003). The spatial and temporal distribution of floral resources is therefore essential for pollinators, especially for central place foragers such as wild bees, which are not spared from human disturbance (Biesmeijer et al. 2006; Goulson, Lye, and Darvill 2008; Potts et al. 2010; Burkle, Marlin, and Knight 2013; Woodcock et al. 2016) and cannot follow the seasonality of flowering from one area to another. They may be more efficient pollinators of wild plants and crops than honeybees (Garibaldi et al. 2014; Mallinger and Gratton 2015), and thus important for supporting pollinator-dependent crops and sustaining pollination services in agricultural areas.

In agricultural landscapes, floral resources for pollinators are provided both by wild plants and by mass flowering crops (MFCs): the former provide less abundant but more constant resources than crops, while the latter provide massive amounts of resources but during a restricted period of flowering. Although wild bees seem to depend more on wild floral resources than on MFCs (Rollin et al. 2013), many of them, including solitary bees, are still known to use MFCs (Jauker, Bondarenko, et al. 2012; Le Féon et al. 2013). Besides, the balance between positive and negative effects of MFCs on wild bees remains unclear. On the one hand, MFCs provide both pollen and nectar resources that positively affect solitary bee species richness (Diekötter et al. 2014), abundance (Le Féon et al. 2013; Riedinger et al. 2015) and reproduction (Holzschuh et al. 2012; Jauker, Peter, et al. 2012), even though some studies found a negative effect (Holzschuh et al. 2016; Shaw et al. 2020). On the other hand, MFCs are often associated with intensive agriculture, which comes with a simplification of landscapes, including fewer semi-natural landscape elements providing cavities for nesting, as well as more frequent use of pesticides, which may have lethal and sublethal effects on solitary bees (Biddinger 2013; Artz and Pitts-Singer 2015; Rundlöf et al. 2015; Sgolastra et al. 2017; Azpiazu et al. 2019). Moreover, by favoring generalist pollinators, a high proportion of MFCs in the landscape may disrupt local plant-pollinator interactions (Diekötter et al. 2010).

80 The observed contrasting relationships between MFCs and solitary bee
81 abundance or reproduction may be due in part to various sources of hetero-
82 geneity in the aforementioned studies, which we aim to control in the current
83 study. First, these studies were performed in a variety of contexts, in terms of
84 landscape structure, farming practices or climate. In order to generalize the
85 actual role of MFCs, we here analyse a unique dataset obtained across a wide
86 range of agro-environmental contexts. Second, to characterize the effects of
87 MFCs, most researchers studied either (1) immediate impacts, wherein MFCs
88 generally attract bees or other pollinators, with sometimes a positive effect
89 on breeding (Holzschuh et al. 2012, Le Féon et al. 2013, and Diekötter et
90 al. 2014) or (2) year-to-year effects, wherein MFCs may influence bee abun-
91 dance the following year (Jauker, Peter, et al. 2012 and Riedinger et al. 2015).
92 Only inter-annual effects of MFCs on the fitness of wild pollinators and their
93 population growth rate would promote their maintenance in the long term.
94 Understanding the balance between positive effects, through the delivery of
95 floral resources, and negative effects, through possible pesticide contamina-
96 tion, according to agro-environmental contexts is necessary to inform future
97 agro-ecological management of these crops.

98 This study investigates the relationship between the reproduction of cavity-
99 nesting pollinators (solitary bees, but also wasps) and mass-flowering crop
100 cover over a whole country. Our goal is to complement previous studies, on
101 the one hand by examining year-to-year effects to assess the long term impact
102 of MFCs, and on the other hand by considering a broad area and a variety of
103 contexts. Our originality is to rely on a citizen science program with a large
104 number of sites (nearly 600 fields) all over France. We focus on immediate
105 and year-to-year landscape correlations with bee or wasp reproduction. We
106 aimed to assess whether the cover of two widespread MFCs (rapeseed and
107 sunflower) was correlated with solitary bee and wasp nesting both in the year
108 of monitoring and in the following year, and thus might be able to support
109 pollinator populations through time.

110 2 Material and methods

111 2.1 Participatory monitoring of solitary bees in field edges

112 The study was conducted in fields monitored by farmers all over mainland
113 France between 2012 and 2017, within the framework of the Farmland Bio-
114 diversity Observatory (FBO). The FBO targets several taxonomic groups to
115 identify farming practices and landscape elements that promote farmland bio-
116 diversity (Billaud, Vermeersch, and Porcher 2020). To our knowledge, this is
117 one of the first national biodiversity monitoring programs to use a participa-
118 tory approach involving farmers. Over a total of 1,501 sites, we selected 576
119 sites, including 416 field crops and 166 meadows, for which all required envi-
120 ronmental variables (see below), including geographical coordinates, were well

121 reported. Some sites were monitored several years in a row (see below for more
122 details).

123 2.2 Trap nests in field boundary

124 All farmers set up two standardized trap nests 5 meter away from each other
125 in each studied field boundary. A trap nest consisted of 32 cardboard tubes
126 that were fixed facing south, on a wooden post, 1 meter above the ground
127 (Billaud, Vermeersch, and Porcher 2020). Farmers monitored nest occupancy,
128 an indicator for reproductive performance, by counting sealed tubes. They also
129 reported a proxy for the diversity of nesting species by identifying the sealing
130 material (mud, chewed leaves, trichomes of woolly plants...). Theoretically,
131 trap nests were meant to be monitored once a month between March and
132 November, but some observers tended to forget some of the surveys. Within a
133 year, 91.8% of sites were sampled at least twice, and 49% at least five times.
134 Accordingly, we did not summarize data within a year, but chose to use all
135 3,345 observations, i.e. one count in a given month per trap nest. Note, how-
136 ever, that other analysis choices, such as considering the maximum number of
137 sealed tubes within a year, did not modify the main results (not shown).

138 We focused our study on both total abundance (pooling all sealing ma-
139 terials) and abundance of the most abundant category of sealing material,
140 i.e. mud, which represents 65% of observations. These mud-sealed tubes are
141 likely to be made in great part by *Osmia* bees (Linsley 1958), which are early
142 spring foragers. We therefore expect them to benefit more from the presence
143 of rapeseed than from that of sunflower. However, this prediction should be
144 considered with caution because other cavity-nesting, flower-visiting taxa such
145 as some *Megachile* (e.g. subgenus *Chalicodoma*, see Michener 2007), and soli-
146 tary wasps such as *Eumeninae*, *Sphecidae* and *Crabronidae* (Steffan-Dewenter
147 and Leschke 2003; Pereira-Peixoto et al. 2014, MacIvor and Packer 2015), may
148 also use mud for nest building.

149 2.3 Environmental variables

150 *Landscape variables* We used the national cartographic field registry (*Registre*
151 *parcellaire graphique*, RPG) to map each crop type within a buffer around
152 each study site. We chose the size of the buffer *a priori* on the basis of ecolog-
153 ical knowledge of solitary bees instead of testing multiple spatial extents and
154 taking the one that best predicts the response, because the latter approach
155 is sometimes biased (Jackson and Fahrig 2015). The area of each crop in the
156 buffer was calculated using the R package *sf* (Pebesma 2018).

157 We computed the area of the two main MFCs (rapeseed and sunflower)
158 both in the sampling year and the previous year. For the sampling year cal-
159 culation, we used a 250m-radius buffer since the distance at which half of the
160 population discontinues foraging (few hundred meters) is more relevant than

161 the species specific maximum foraging distance (Zurbuchen et al. 2010). For
162 the previous year calculation, we decided to use a 1000m-radius buffer because
163 the dispersal distance, from the emergence site to the nesting site, is larger
164 than the median foraging distance of solitary bees and wasps. We chose the
165 buffer sizes according to the measurements by Zurbuchen et al. (2010) for two
166 species of the tribe with different sizes (*Hylaeus punctulatissimus* and *Hoplitis*
167 *adunca*), blue as a proxy for the foraging and dispersal distances of all polli-
168 nators visiting the trap nests. However, the choice of the buffer radius (250m
169 or 1,000m) for the area of MFCs the year preceding the observation did not
170 influence the results (not shown).

171 In order to take into account all other floral resources beyond crops and
172 nesting opportunities, we also computed the area of temporary meadows for
173 both sampling year and previous year and the area of orchards and perma-
174 nent meadows in the sampling year only (because these land uses change little
175 through time). We followed the definition of the Common Agricultural Policy
176 of the European Union to differentiate permanent (5 years or more) vs. tem-
177 porary meadows (≤ 4 years). Finally, as forest margins are known to influence
178 wild bees (Bailey et al. 2014; Joshi et al. 2016; Odanaka and Rehan 2020),
179 we also computed the perimeter of forests in the buffer using the Corine Land
180 Cover database provided by the European Environmental Agency.

181 *Local variables* For each field, farmers reported the presence of surrounding
182 linear elements: hedgerows and their age (old vs. young, a qualitative assess-
183 ment at the discretion of the observer), grass strips, roads, ditches, woody
184 margins. They were used in the models below to inform on potential food
185 sources next to the trap nests. We characterized farming practices with two
186 classes on the basis of farmers' reporting. For nesting observations located in
187 a meadow edge, we used the type of meadow (temporary vs. permanent). For
188 nesting observations located in a field crop edge, we used the farming system
189 (conventional vs. organic farming).

190 *Control variables* We assessed local weather conditions with the E-OBS database
191 from the European Climate Assessment Dataset project (Cornes et al. 2018).
192 Spring weather conditions influence the phenology of early solitary bees and
193 wasps that can forage on rapeseed (Vicens and Bosch 2000), on the one hand,
194 and the flowering period of rapeseed and the sowing date of sunflower, on the
195 other hand. For each monitored field, we chose to compute the mean temper-
196 ature and the sum of precipitation between the 20th of February and either
197 the 31st of May or the sampling date, whichever came first. Since we did not
198 know the exact nest installation date, we also included the number of days
199 between the beginning of the year and the observation date as a proxy for the
200 period of time during which a nest is installed. These three variables (mean
201 temperature, sum of precipitation and time) were included in the model be-
202 low as control variables, i.e. we checked that their effect was consistent with
203 expectations.

204 2.4 Statistical analysis

205 The correlations between landscape resources and the presence/absence and
 206 abundance of sealed tubes in trap nests were assessed using two hurdle mixed
 207 models, one for each field edge type (field crop and meadow), in R (R Core
 208 Team 2020) on RStudio (RStudio Team 2019) with the *glmmTMB* package
 209 (Brooks et al. 2017). Hurdle models are two-stage models that provide a way
 210 of modeling the excessive proportion of zero values and are known to perform
 211 well for ecological data (Potts and Elith 2006). The first stage models the
 212 presence/absence of sealed tubes with a probability of presence π , and the
 213 second stage models their abundance, with mean μ , conditional on the pres-
 214 ence of mud-sealed tubes. Compared to zero-inflation models, a hurdle model
 215 assumes that there is a single process by which a zero can be produced.

216 Let $Y_{i,j,k}$ be a random variable that represents the number of sealed tubes
 217 observed during the k^{th} observation in plot j of year i . The hurdle mixed
 218 model is the following:

$$\Pr\{Y_{i,j,k} = y | \pi_{i,j,k}, (\theta, \mu_{i,j,k})\} = \begin{cases} 1 - \pi_{i,j,k}, & y = 0 \\ \pi_{i,j,k} \frac{NegBin\{y, (\theta, \mu_{i,j,k})\}}{1 - NegBin\{0, (\theta, \mu_{i,j,k})\}}, & y > 0 \end{cases}$$

$$logit(\Pi) = X_{zero} * B_{zero} + S_{zero} \quad logit(M) = X_{count} * B_{count} + S_{count}$$

219 with Π and M vectors of probabilities $\pi_{i,j,k}$ and means $\mu_{i,j,k}$, X_{zero} and
 220 X_{count} vectors of fixed effects listed in Appendix A with their related vectors
 221 of coefficients B_{zero} and B_{count} , S_{zero} (resp S_{count}) the vector of site ran-
 222 dom intercepts $s_j^{zero} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{zero}^2)$ (resp. $s_j^{count} \sim \mathcal{N}(0, \sigma_{count}^2)$), and θ the
 223 dispersion parameter of the negative binomial.

224 In our models, we included five types of variables with fixed effects, which
 225 are listed in Appendix A: (1) four variables related to the quantity of floral re-
 226 sources provided by MFCs (area of rapeseed and sunflower in the current and
 227 previous year), (2) seven variables related to the semi-natural elements likely to
 228 provide additional floral resources and nesting opportunities in the surround-
 229 ing landscape, (3) eight variables describing either local practices in the field
 230 neighbouring the monitoring site or local food/nesting sources and (4) their in-
 231 teractions with landscape resources, and finally (5) three control variables. We
 232 also included a site random effect to take into account the non-independence
 233 of repeated observations in some fields, within a year and between years (131
 234 sites were monitored at least two consecutive years). All variables were stan-
 235 dardized and centered. Note that, to avoid multicollinearity issues, we did not
 236 include the type of crop sown in the neighbouring field in the models because
 237 it was indirectly taken into account in the landscape variables.

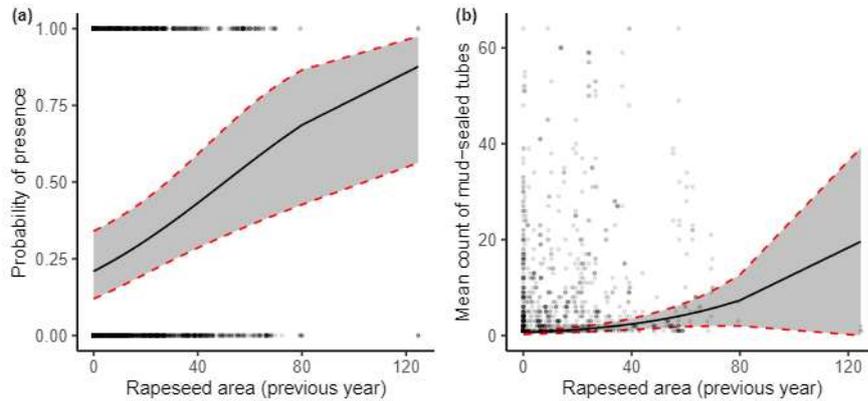


Fig. 1 Relationship between (a) probability of presence of a mud-sealed tube or (b) abundance of mud-sealed tubes, in trap nests set up in field crop edges, and rapeseed field area in the previous year. Continuous black lines are either (a) the predicted zero-inflation probability or (b) the mean model prediction conditioned on the fixed effects and the zero-inflation component. Grey ribbons are the confidence intervals. Each grey point represents one observation; multiple grey points on top of each other appear in darker grey.

238 We first analysed full models (see Appendix A). Then, we ran an automatic
 239 selection with the R package *MuMIn* (Bartoń 2020), using the corrected
 240 Akaike information criteria (AICc) and fixing several variables of interest for
 241 our main questions. Variables selected through this process are in italics in
 242 Table 1. We also checked the variance inflation factor with the R package *per-*
 243 *formance* (Lüdecke et al. 2020) to ensure there was no multicollinearity (see
 244 Appendix B). We used the *DHARMA* package (Hartig 2020) for residual diag-
 245 nostics. Residual overdispersion and zero-inflation were acceptable upon visual
 246 inspection (see Appendix C). The Durbin-Watson test was not significant for
 247 most of the residuals, we thus decided to ignore temporal autocorrelation (see
 248 Appendix D).

249 Model outputs were formatted with the help of the *texreg* package (Leifeld
 250 2013). Finally, we used the *ggeffects* package (Lüdecke 2018) to build output
 251 figures.

252 This workflow of data analysis was applied to two dependent variables :
 253 the number of mud-sealed tubes, representing the majority of observations,
 254 and the total number of sealed tubes. In the following, we present mostly
 255 results on mud-sealed tubes, because they are generally similar to results for
 256 all tubes and because they are likely to represent patterns for a more restricted
 257 taxonomic group. We nonetheless discuss dissimilarities between both analyses
 258 and provide full results on all tubes in Appendix E.

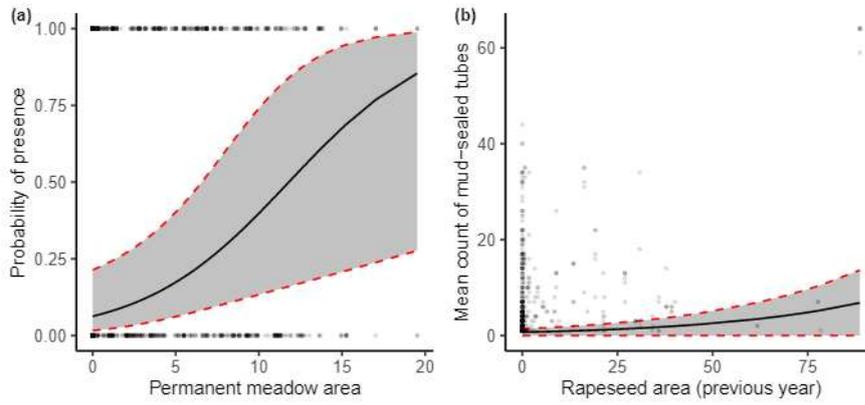


Fig. 2 Relationship between (a) probability of presence of a mud-sealed tube and permanent meadow area, or (b) abundance of mud-sealed tubes and rapeseed field area in the previous year, in trap nests set up in meadow edges. Continuous black lines are either (a) the predicted zero-inflation probability or (b) the mean model prediction conditioned on the fixed effects and the zero-inflation component. Grey ribbons are the confidence intervals. Each grey point represents one observation; multiple grey points on top of each other appear in darker grey.

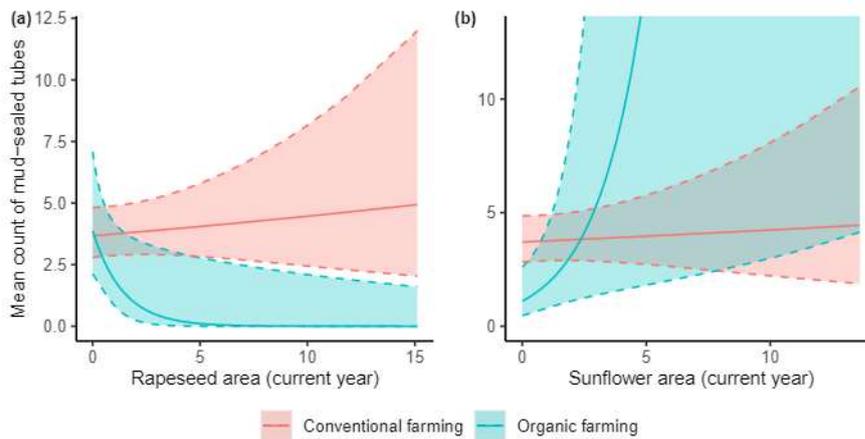


Fig. 3 Relationship between abundance of mud-sealed tubes and mass-flowering crop area ((a) rapeseed, or (b) sunflower), for trap nests set up in field crop edges across different farming systems. Lines are the mean model predictions, conditioned on the fixed effects and the zero-inflation component. Ribbons are the confidence intervals.

Table 1 Output of hurdle models examining the relationship between the presence of mud-sealed tubes ("Zero model") or their abundance conditional on presence ("Count model") and environmental variables. The table shows the parameter estimates, with standard errors in parentheses, after automatic selection of variables. Non-italicized variables were fixed, while italicized variables are those that were retained during the automatic selection process. Parameters with a p-value < 0.05 are highlighted in bold. All variables were standardized and centered.

	Zero model		Count model	
	Field crops	Meadows	Field crops	Meadows
Intercept (conventional farming, no landscape elements nearby)	-0.90 (0.30)**		1.32 (0.14)***	
Intercept (temporary meadow, no landscape elements nearby)		-1.72 (0.59)**		1.63 (0.20)***
Landscape variables				
Area of rapeseed (current year)	-0.14 (0.11)	0.31 (0.20)	0.04 (0.06)	-0.04 (0.06)
Area of rapeseed (previous year)	0.50 (0.15)***	0.13 (0.29)	0.31 (0.09)***	0.24 (0.09)**
Area of sunflower (current year)	-0.07 (0.12)	-0.35 (0.30)	0.03 (0.07)	0.10 (0.16)
Area of sunflower (previous year)	-0.41 (0.17)*	-0.16 (0.38)	-0.04 (0.09)	-0.10 (0.16)
Area of permanent meadows	0.69 (0.19)***	1.03 (0.38)**	0.27 (0.09)**	0.11 (0.11)
Area of temporary meadows (current year)		1.15 (0.46)*		-0.40 (0.16)*
Area of temporary meadows (previous year)		-1.09 (0.49)*		0.30 (0.15)*
Perimeter of forests	0.37 (0.19)*			
Local variables				
Organic farming	0.48 (0.57)		-0.75 (0.43)	
Permanent meadow		0.51 (0.40)		-0.01 (0.18)
Road	-0.68 (0.31)*			-0.50 (0.20)*
Young hedgerow		1.16 (0.66)		
Old hedgerow	0.59 (0.31)	0.41 (0.62)	-0.14 (0.18)	
Interactions				
Area of rapeseed (cur. year):Organic farming	-0.33 (0.82)		-1.51 (0.70)*	
Area of rapeseed (prev. year):Organic farming	0.72 (0.70)		-0.31 (0.31)	
Area of sunflower (cur. year):Organic farming	-0.27 (0.41)		1.03 (0.46)*	
Area of sunflower (prev. year):Organic farming	-0.79 (0.52)		0.19 (0.28)	
Area of permanent meadows:Organic farming	-0.30 (0.59)		-0.07 (0.28)	
Control variables				
Temperature	1.32 (0.14)***	1.79 (0.29)***	0.40 (0.07)***	0.24 (0.10)*
Precipitation	0.66 (0.11)***	1.44 (0.26)***	0.37 (0.05)***	0.25 (0.09)**
Number of days	0.60 (0.09)***	1.07 (0.16)***	0.02 (0.04)	0.18 (0.06)**
Variance of site random effect	8.69	14.95	1.88	0.93

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

Field crops : trap nests set up in field crop edges ; Meadows : trap nests set up in meadow edges

259 3 Results

260 3.1 Relationship between area of mass-flowering crops and reproduction of 261 cavity-nesting pollinators

262 Nesting was generally positively correlated with the quantity of floral resources
263 provided by MFCs, but the relationships depended on the type of sealing material,
264 the identity of crops and the timing of resource availability. For rapeseed,
265 only the area cultivated the year preceding observations was related to nesting
266 (Table 1, *area of rapeseed (previous year)*). Regardless of the dependent variable,
267 the area of rapeseed fields in the previous year was positively linked to

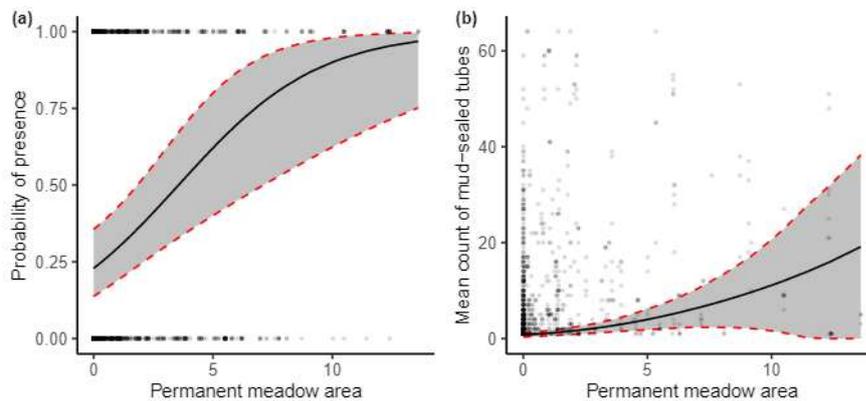


Fig. 4 Relationship between (a) probability of presence of a mud-sealed tube or (b) abundance of mud-sealed tubes, in trap nests set up in field crop edges, and permanent meadow area. Continuous black lines are either (a) the predicted zero-inflation probability or (b) the mean model prediction conditioned on the fixed effects and the zero-inflation component. Grey ribbons are the confidence intervals. Each grey point represents one observation; multiple grey points on top of each other appear in darker grey.

268 the abundance of occupied tubes in field crop edges (Fig. 1b) and in meadow
 269 edges (Fig. 2b). The area of rapeseed fields in the previous year was also posi-
 270 tively related to the presence of mud-sealed tubes in field crop edges (Fig. 1a).
 271 In contrast, the area of rapeseed fields in the current year did not correlate
 272 significantly with pollinator nesting, regardless of the model (Table 1, *area*
 273 *of rapeseed (current year)*). For sunflower, field area in the previous year was
 274 negatively linked to the presence of mud-sealed tubes in field crop edges, but
 275 the area of sunflower fields in the year of observations was positively related
 276 to the presence of all types of sealing materials (Table 1, *area of sunflower*
 277 *(previous year)* and Appendix E, Table 4, *area of sunflower (current year)*).
 278 Similarly, in meadow edges sunflower area was positively related to the pres-
 279 ence of occupied tubes (Appendix E, Table 4). In all other cases, there was no
 280 significant correlation of sunflower area with bee and wasp reproduction.

281 In addition to the simple effect of previous year MFC area on mud-sealed
 282 tubes, we observed significant interactions of current-year MFC area with the
 283 farming system, although the latter did not have a significant simple effect
 284 (Table 1, *area of rapeseed (cur. year):organic farming* and *area of sunflower*
 285 *(cur. year):organic farming*). These interactions differed between MFCs. With
 286 rapeseed, the relationship between mud-sealed tube abundance and coexisting
 287 crop area varied from slightly positive to negative in conventional vs. organic
 288 fields (Fig. 3a). In contrast, with sunflower, the same relationship varied from
 289 slightly positive to strongly positive in conventional vs. organic fields (Fig. 3b).
 290 The significance of these interactions were however sensitive to the dependent
 291 variable considered (Tables 4 and 5 in Appendix E).

3.2 Relationship between other landscape elements and reproduction of cavity-nesting pollinators

The presence and abundance of mud-sealed tubes also correlated significantly with the area of semi-natural elements likely to provide food or nesting sources (Table 1, *area of permanent meadows*). Both presence and abundance of occupied tubes were positively correlated with the area of permanent meadows in field crop edge (Fig. 4), regardless of the dependent variable. Similarly, in meadow edges, the presence of occupied tubes, but not their abundance, was positively linked to permanent meadow area (Fig. 2a). Temporary meadows had more variable relationships with solitary bee and wasp reproduction. In meadow edges, temporary meadow area in the current year was positively related to the presence of mud-sealed tubes, but this area in the previous year was negatively related to the presence of mud-sealed tubes (Zero model in Table 1, *area of temporary meadows*). The pattern was opposite for abundance (Count model in Table 1, *area of temporary meadows*). These relationships were not significant in models considering the maximum number of mud-sealed tubes or all occupied tubes (Table 4, Appendix E). The presence of occupied tubes was generally positively related to perimeter of forests in field crop edge, but the presence of hedgerows had no detectable correlation in any model. The proximity of a road was negatively related to the abundance of occupied tubes in meadow edges, and to the presence of occupied tubes in field crop edges. Finally, the type of meadow was not significantly correlated with nesting measured in meadow edges.

3.3 Control variables

In all models, the number of days since the beginning of the year was positively related to the presence of mud-sealed tubes. Similarly, when significant, mean temperature and sum of precipitation correlated positively with both presence and abundance of mud-sealed tubes.

4 Discussion

While examining the landscape and local correlates of solitary bee and wasp nest building across a whole country, we observed positive relationships with the area of landscape elements that provide resources, i.e. rapeseed, sunflower and permanent meadows. For rapeseed, this relationship was true only for the area cultivated the year preceding observations, regardless of the tube-sealing material considered. For sunflower, nesting was positively linked with crop area in the current year when all sealing materials were considered, but negatively linked with crop area in the previous year when considering mud-sealed tubes only. In the following we discuss the implications of our findings for the management of agricultural landscapes.

331 4.1 Inter-annual impacts of mass flowering crops on nest building in solitary
332 bees and wasps

333 We focused our study on the inter-annual effects of landscape floral resources
334 on the reproduction of wild bees and wasps. We evidenced a positive corre-
335 lation between rapeseed field area in the previous year and solitary bee and
336 wasp nesting, both in the zero model and the abundance model. Such correla-
337 tion suggests that rapeseed may have a lasting year-to-year impact on bee and
338 wasp reproduction. Whereas solitary bee nest-building was previously shown
339 to increase during the period of mass-flowering (Jauker, Peter, et al. 2012), we
340 did not find any significant impact of the area of rapeseed of the current year.
341 Our results indicate that the previous year resources seem to benefit more
342 to nest-building and thus to support production of sexuals, a requirement to
343 carry over benefits into the next season.

344 The next-year positive effect of rapeseed floral resources may be related
345 to nest provisioning. Although both males and females feed on flowers, only
346 females invest in brood care. During spring, solitary bee and wasp females
347 collect building materials and food for the nest, where the eggs are laid in in-
348 dividual cells. The larvae stay in the nest throughout the summer and winter,
349 using pollen reserves, and emerge the following spring. Reproductive success
350 thus depends on the female's ability to provision nests with enough pollen
351 mixture to ensure the emergence of enough offspring the following year. Trap
352 nests only provide information about the number of sealed tubes, and not
353 about the actual number of cells and larvae in each tube. We do not know
354 the actual number of viable offspring that will emerge the following spring: in
355 previous studies, it has been shown that sometimes no adults emerge from a
356 nest, notably because all cells can be parasitized (e.g. Steffan-Dewenter 2002).
357 Variation in offspring number within sealed tubes may explain the contrasting
358 correlations of bee and wasp reproduction with previous year and current year
359 rapeseed cover. Available floral resources during breeding season allow each
360 female to lay more eggs in each tube, and to provision more pollen mixture for
361 each larvae, which will result in a higher abundance in the next year, hence
362 in a positive correlation between nesting and previous year rapeseed cover.
363 However, females may not necessarily seal more tubes even when more pollen
364 resources are available because of the high cost of the nest plug (Rust 1993),
365 hence the non-significant effect of current rapeseed cover on bee reproduction.
366 Riedinger et al. (2015) showed that rapeseed has a year-to-year effect by pro-
367 moting a higher solitary bee and wasp abundance the following year. Here we
368 show that this higher abundance of solitary bees and wasps, which we did not
369 measure directly, also translates into higher reproductive potential, an indirect
370 piece of evidence that rapeseed promotes solitary bee and wasp populations
371 (Fig. 5). This result was not completely expected, since the rapeseed blooming
372 period is limited, and since its pollen may be of minor importance for larvae
373 diet (Coudrain et al. 2016). Moreover, as a result of crop rotation, a high rape-
374 seed cover one year may lead to a lack of floral resources in the landscape the
375 following year.

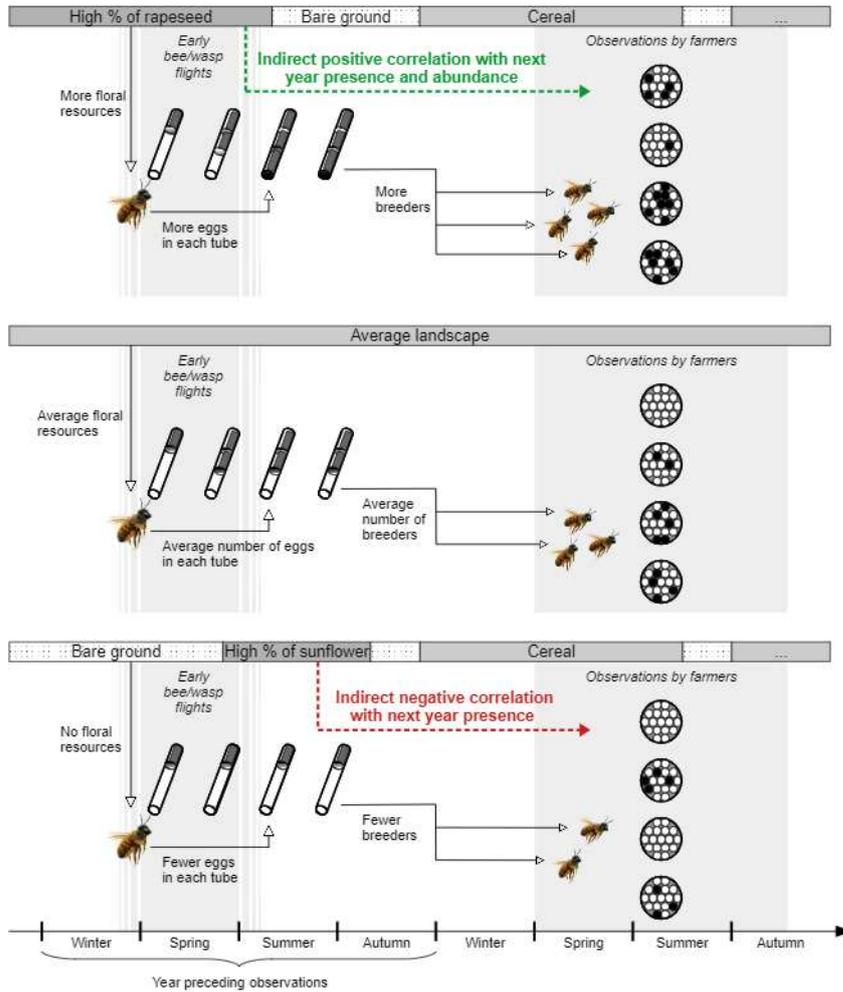


Fig. 5 Schematic summary of possible inter-annual effects of rapeseed (top) or sunflower (bottom) floral resources on solitary bee reproduction, as compared with an average landscape (middle). *Osmia rufa* drawing by Valerie Littlewood, used with permission.

376 Sunflower area had a more contrasting correlation with wild bee/wasp re-
 377 production, depending on the type of sealing material analyzed. For mud-
 378 sealed tubes the relation with previous-year resources was on the whole more
 379 negative than for rapeseed, whereas when counting all tubes the relation with
 380 current-year resources was positive. Unlike rapeseed that blooms in spring,
 381 sunflower is a summer crop. The different relationships with bee reproduction
 382 may confirm that mud-sealed tubes are mainly produced by solitary bees active

383 in early spring, such as *Osmia*, which are known to pollinate spring-blooming
384 crops (Bosch, Sgolastra, and Kemp 2008). Sunflower area was negatively cor-
385 related with next-year reproduction of pollinators using mud in the presence
386 model in field crop edges. This negative correlation between sunflower field
387 area in the previous year and the presence of mud-sealed nests may be un-
388 derstood according to the same logic of interpretation as the one adopted in
389 the case of the effects of rapeseed. Since sunflower is a summer crop sown in
390 April, a high cover leads to a lack of floral resources during the spring and
391 may therefore reduce the number of breeders in the next year (Fig. 5). How-
392 ever, according to this hypothesis, the abundance, not only the presence, of
393 mud-sealed tubes should also have been negatively correlated with sunflower
394 field area in the previous year. Finally the dissimilarities between the effect
395 of sunflower when all tubes vs. mud-sealed tubes only are considered suggest
396 that on average species using sealing materials other than mud have later phe-
397 nologies than species using mud and are positively affected by the resources
398 provided by sunflower. Differences were observed on zero models only probably
399 because mud-sealed tubes represent the majority of observations and drive the
400 abundance data.

401 We found little correlation of bee and wasp reproduction with the area of
402 MFCs growing simultaneously but the interactions between MFC cover in the
403 current year and farming system were sometimes significant, in a surprising
404 way. We expected local pesticide use intensity to have negative effects on nest-
405 ing, and even to counteract the positive effects of MFC floral resources and
406 semi-natural habitats as demonstrated for pest biological control (Ricci et al.
407 2019). Our analyses did not confirm these predictions, since farming system
408 alone did not have any significant effect and conventional practices interacted
409 positively with rapeseed resources (Fig. 3). Besides, some of these significant
410 interactions tended to vanish when studying the total number of occupied
411 nests instead of mud-sealed tubes. Again, these differences are consistent with
412 the hypothesis of partly different spring and summer communities. One reason
413 why we did not observe general negative effects of conventional farming may
414 be related to our data not measuring the number of offspring directly: pesticide
415 exposure might not reduce nesting, but only reduce offspring production and
416 alter the sex-ratio (Stuligross and Williams 2020). However, these results are
417 difficult to interpret because we lack information on practices at the landscape
418 level, while some authors emphasize the need to combine both local and land-
419 scape levels when assessing the impacts of the intensity of farming practices
420 (Carrié et al 2017).

421 4.2 Importance of semi-natural elements and other permanent landscap 422 features

423 Both for the probability of presence and abundance of sealed tubes, the area
424 of permanent meadows in the buffer strongly promoted solitary bee and wasp
425 reproduction. This is consistent with previous studies which showed that loss

426 of semi-natural habitats, i.e. land uses that are minimally managed and not
427 cultivated for arable crops, is one of the main drivers of pollinator decline
428 (Ricketts et al. 2008; Tscharntke et al. 2012). As the dynamics of wild bee
429 populations are mainly driven by the amount of nesting and floral resources
430 (Lonsdorf et al. 2009), semi-natural areas help maintain bee populations (Carré
431 et al. 2009; Tscharntke et al. 2012) by providing both nesting and food oppor-
432 tunities. Remaining permanent meadows may also be important to offset bee
433 decline caused by meadow-to-crop conversion that occurred long ago (Provost
434 et al. 2020). Moreover, these semi-natural habitats may decrease the negative
435 effect of warmer temperature on bee populations (Papanikolaou et al. 2017)
436 and buffer the harmful impacts of pesticides (Park et al. 2015).

437 In both our models however, there was no evidence of a positive effect of
438 the proximity of hedgerows, except for the probability of nesting, regardless of
439 sealing material, in field crops. This observation goes against our expectations,
440 since it has been shown that abundance and diversity of wild bees are enhanced
441 in field edges by hedgerows (Morandin and Kremen 2013). This result may be
442 due to the fact that this parameter is reported by farmers, whose definition of a
443 hedgerow may differ and may include different types of vegetation and different
444 stages of the hedgerows (recently planted or older, more or less diversified).
445 By contrast, our models evidenced a negative impact of the presence of a road.
446 The amount of roads has already been shown to decrease bumblebee density
447 (Kallioniemi et al. 2017), but road verges could also provide floral resources
448 for wild bees (Henriksen and Langer 2013).

449 Semi-natural areas and mass-flowering crops do not have the same rela-
450 tive importance. In both zero models, the area of permanent meadows had a
451 stronger positive effect than the area of rapeseed in the previous year. On the
452 contrary, in both count models, the impact of rapeseed was slightly to sub-
453 stantially stronger. The presence of sealed tubes thus seems to depend more
454 on semi-natural areas while their abundance seems to depend more on the re-
455 sources provided by rapeseed. Nevertheless, the permanent meadow area does
456 not condition the positive effect of rapeseed: we tested the interaction between
457 the two variables and we did not find any significant correlation (not shown).
458 The presence of permanent meadows may be a important factor when a wild
459 bee chooses where to build its nest, because some wild flowers in meadows are
460 in bloom before rapeseed fields and thus are more attractive. Once the nest is
461 built, rapeseed will provide a massive amount of pollen and nectar to pollina-
462 tors active during its flowering period (such as *Osmia*), allowing each female
463 to lay more eggs in each tube and thus increasing the number of breeders the
464 following year.

465 5 Conclusion: implications for pollinator conservation in 466 agricultural landscapes

467 Defining how agriculturally dominated landscapes can be optimized for wild
468 bees remains a complex subject. Our study shows that solitary bee and wasp

469 reproduction can be positively and durably affected by rapeseed cover. This
470 crop provides a massive amount of floral resources at a period favorable for
471 early wild bees. Moreover, our study confirms that permanent meadows are
472 essential to promote solitary bee and wasp populations. The positive effect of
473 rapeseed cover may hold only if enough food and nesting sites are available
474 in adjacent natural habitats. Ricketts et al. (2008) showed that flower-visitor
475 richness and visitation rate in croplands decline with distance from natural ar-
476 eas, and a lack of natural habitats can directly impact on crop yield (Garibaldi
477 et al. 2011; Holzschuh et al. 2012). Protecting natural habitats near crop fields
478 seems to be a key solution to secure natural supply of pollination service, and
479 moderate covers of rapeseed may help to maintain solitary bee populations.
480 However, rapeseed flowering period is short, thus pollinators still need floral
481 resources from other crops and other semi-natural habitats (Martins et al.
482 2018), especially as we studied a small part of the solitary bee and wasp com-
483 munity. The use of rapeseed for promoting wild pollinators needs also to be
484 viewed bearing in mind the heavy pesticide application on this crop.

485 Acknowledgments

486 We thank all farmers who provided observations from their fields, the FBO
487 management team (Elodie Chauvet, Marion Demade, Marie Garnier, Marine
488 Gérardin, Romain Julliard, Christophe Pinard, Nora Rouillier and Rose-Line
489 Vermeersch) and the French Ministry of Agriculture, which supported the pro-
490 gram. We also thank Adrien Perrard and three anonymous reviewers for their
491 insightful comments and for shedding some light on the diversity of potential
492 trap nest residents.

493 Declarations

494 *Funding* This research project was funded by the Crédit Agricole through
495 sponsoring to O.B. and V.V.

496 *Conflicts of interest* All authors declare that they have no conflict of interests.

497 *Ethics approval* Not applicable.

498 *Consent to participate* Not applicable.

499 *Consent for publication* Not applicable.

500 *Availability of data* The data associated with this study will be available on
501 Zenodo upon acceptance of the manuscript.

502 *Code availability* The R code used for statistical analyses will be made avail-
503 able on GitHub upon acceptance of the manuscript.

504 *Authors' contributions* All authors contributed to the study conception and
 505 design. Data collection and analysis were performed by Victor Van der Meersch
 506 and Olivier Billaud. The first draft of the manuscript was written by Victor
 507 Van der Meersch and Emmanuelle Porcher, and all authors commented on
 508 previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final
 509 manuscript.

510 References

- 511 Artz, Derek R., and Theresa L. Pitts-Singer. 2015. "Effects of Fungicide and
 512 Adjuvant Sprays on Nesting Behavior in Two Managed Solitary Bees, *Osmia*
 513 *Lignaria* and *Megachile Rotundata*." Edited by Nicolas Desneux. *PLOS ONE*
 514 10 (8): e0135688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135688>.
- 515 Azpiazu, Celeste, Jordi Bosch, Elisa Viñuela, Piotr Medrzycki, Dariusz
 516 Teper, and Fabio Sgolastra. 2019. "Chronic Oral Exposure to Field-Realistic
 517 Pesticide Combinations via Pollen and Nectar: Effects on Feeding and Thermal
 518 Performance in a Solitary Bee." *Scientific Reports* 9 (1). [https://doi.org/](https://doi.org/10.1038/s41598-019-50255-4)
 519 [10.1038/s41598-019-50255-4](https://doi.org/10.1038/s41598-019-50255-4).
- 520 Bailey, Samantha, Fabrice Requier, Benoit Nusillard, Stuart P. M. Roberts,
 521 Simon G. Potts, and Christophe Bouget. 2014. "Distance from Forest Edge
 522 Affects Bee Pollinators in Oilseed Rape Fields." *Ecology and Evolution* 4 (4):
 523 370–80. <https://doi.org/10.1002/ece3.924>.
- 524 Bartoń, Kamil. 2020. *MuMIn: Multi-Model Inference*. [https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=MumIn)
 525 [project.org/package=MumIn](https://CRAN.R-project.org/package=MumIn).
- 526 Benton, Tim G., David M. Bryant, Lorna Cole, and Humphrey Q. P. Crick.
 527 2002. "Linking Agricultural Practice to Insect and Bird Populations: A His-
 528 torical Study over Three Decades." *Journal of Applied Ecology* 39 (4): 673–87.
 529 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00745.x>.
- 530 Biddinger, Jacqueline L. AND Mullin, David J. AND Robertson. 2013.
 531 "Comparative Toxicities and Synergism of Apple Orchard Pesticides to *Apis*
 532 *Mellifera* (L.) and *Osmia Cornifrons* (Radoszkowski)." *PLOS ONE* 8 (9): 1–6.
 533 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072587>.
- 534 Biesmeijer, J. C., S. P. M. Roberts, M. Reemer, R. Ohlemüller, M. Edwards,
 535 T. Peeters, A. P. Schaffers, et al. 2006. "Parallel Declines in Pollinators and
 536 Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands." *Science* 313 (5785):
 537 351–54. <https://doi.org/10.1126/science.1127863>.
- 538 Billaud, Olivier, Rose-Line Vermeersch, and Emmanuelle Porcher. 2020.
 539 "Citizen Science Involving Farmers as a Means to Document Temporal Trends
 540 in Farmland Biodiversity and Relate Them to Agricultural Practices." *Journal*
 541 *of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13746>.
- 542 Bosch, Jordi, Fabio Sgolastra, and William P. Kemp. 2008. "6. Life Cycle
 543 Ecophysiology of *Osmia* Mason Bees Used as Crop Pollinators." In *Bee Polli-*
 544 *nation in Agricultural Eco-Systems*, 83–105. Oxford University Press. [https:](https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195316957.003.0006)
 545 [//doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195316957.003.0006](https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195316957.003.0006).

- 546 Bretagnolle, Vincent, and Sabrina Gaba. 2015. "Weeds for Bees? A Re-
547 view." *Agronomy for Sustainable Development* 35 (3): 891–909. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0302-5>.
548
- 549 Brooks, Mollie E., Kasper Kristensen, Koen J. van Benthem, Arni Mag-
550 nusson, Casper W. Berg, Anders Nielsen, Hans J. Skaug, Martin Maechler,
551 and Benjamin M. Bolker. 2017. "glmmTMB Balances Speed and Flexibility
552 Among Packages for Zero-Inflated Generalized Linear Mixed Modeling." *The R Journal* 9 (2): 378–400. [https://journal.r-project.org/archive/2017/
553 RJ-2017-066/index.html](https://journal.r-project.org/archive/2017/RJ-2017-066/index.html).
554
- 555 Burkle, Laura A., John C. Marlin, and Tiffany M. Knight. 2013. "Plant-
556 Pollinator Interactions over 120 Years: Loss of Species, Co-Occurrence, and
557 Function." *Science* 339 (6127): 1611–5. [https://doi.org/10.1126/science.
558 1232728](https://doi.org/10.1126/science.1232728).
- 559 Carré, Gabriel, Philip Roche, Rémy Chifflet, Nicolas Morison, Riccardo
560 Bommarco, Jenn Harrison-Cripps, Kristin Krewenka, et al. 2009. "Landscape
561 Context and Habitat Type as Drivers of Bee Diversity in European Annual
562 Crops." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133 (1): 40–47. [https://
563 doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.05.001](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.05.001).
- 564 Carrié, Romain, Andrieu, Emilie, Ouin, Annie and Steffan-Dewenter, In-
565 golf. 2017. "Interactive effects of landscape-wide intensity of farming practices
566 and landscape complexity on wild bee diversity." *Landscape Ecology* 32: 1631–
567 1642. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0530-y>.
- 568 Carrié, Romain, Johan Ekroos, and Henrik G. Smith. 2018. "Organic Farm-
569 ing Supports Spatiotemporal Stability in Species Richness of Bumblebees and
570 Butterflies." *Biological Conservation* 227: 48–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.022>.
571
- 572 Cornes, Richard C., Gerard van der Schrier, Else J. M. van den Besselaar,
573 and Philip D. Jones. 2018. "An Ensemble Version of the E-Obs Temperature
574 and Precipitation Data Sets." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*
575 123 (17): 9391–9409. <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>.
- 576 Coudrain, Valérie, Sarah Rittiner, Felix Herzog, Willy Tinner, and Martin
577 H. Entling. 2016. "Landscape Distribution of Food and Nesting Sites Affect
578 Larval Diet and Nest Size, but Not Abundance of *Osmia Bicornis*." *Insect
579 Science* 23 (5): 746–53. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12238>.
- 580 Diekötter, Tim, Taku Kadoya, Franziska Peter, Volkmar Wolters, and
581 Frank Jauker. 2010. "Oilseed Rape Crops Distort Plant–Pollinator Interac-
582 tions." *Journal of Applied Ecology* 47 (1): 209–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01759.x>.
583
- 584 Diekötter, Tim, Franziska Peter, Birgit Jauker, Volkmar Wolters, and Frank
585 Jauker. 2014. "Mass-Flowering Crops Increase Richness of Cavity-Nesting Bees
586 and Wasps in Modern Agro-Ecosystems." *GCB Bioenergy* 6 (3): 219–26. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12080>.
587
- 588 Garibaldi, Lucas A., Luísa G. Carvalheiro, Sara D. Leonhardt, Marcelo A.
589 Aizen, Brett R. Blaauw, Rufus Isaacs, Michael Kuhlmann, et al. 2014. "From
590 Research to Action: Enhancing Crop Yield Through Wild Pollinators." *Fron-*

- 591 *tiers in Ecology and the Environment* 12 (8): 439–47. [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.1890/130330)
592 1890/130330.
- 593 Garibaldi, Lucas A., Ingolf Steffan-Dewenter, Claire Kremen, Juan M.
594 Morales, Riccardo Bommarco, Saul A. Cunningham, Luísa G. Carvalheiro,
595 et al. 2011. “Stability of Pollination Services Decreases with Isolation from
596 Natural Areas Despite Honey Bee Visits.” *Ecology Letters* 14 (10): 1062–72.
597 <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>.
- 598 Goulson, D., G. C. Lye, and B. Darvill. 2008. “Decline and Conservation
599 of Bumble Bees.” *Annual Review of Entomology* 53 (1): 191–208. [https://](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093454)
600 doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093454.
- 601 Hartig, Florian. 2020. *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical*
602 *(Multi-Level / Mixed) Regression Models*. [https://CRAN.R-project.org/package=](https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA)
603 *DHARMA*.
- 604 Henriksen, Casper Ingerslev, and Vibeke Langer. 2013. “Road Verges and
605 Winter Wheat Fields as Resources for Wild Bees in Agricultural Landscapes.”
606 *Agriculture, Ecosystems & Environment* 173: 66–71. [https://doi.org/https://](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.008)
607 doi.org/10.1016/j.agee.2013.04.008.
- 608 Holzschuh, Andrea, Matteo Dainese, Juan P. González-Varo, Sonja Mudri-
609 Stojnić, Verena Riedinger, Maj Rundlöf, Jeroen Scheper, et al. 2016. “Mass-
610 Flowering Crops Dilute Pollinator Abundance in Agricultural Landscapes Across
611 Europe.” *Ecology Letters* 19 (10): 1228–36. [https://doi.org/10.1111/ele.](https://doi.org/10.1111/ele.12657)
612 12657.
- 613 Holzschuh, Andrea, Carsten F. Dormann, Teja Tscharntke, and Ingolf
614 Steffan-Dewenter. 2012. “Mass-Flowering Crops Enhance Wild Bee Abun-
615 dance.” *Oecologia* 172 (2): 477–84. [https://doi.org/10.1007/s00442-012-](https://doi.org/10.1007/s00442-012-2515-5)
616 2515-5.
- 617 Jackson, Heather Bird, and Lenore Fahrig. 2015. “Are Ecologists Conduct-
618 ing Research at the Optimal Scale?” *Global Ecology and Biogeography* 24 (1):
619 52–63. <https://doi.org/10.1111/geb.12233>.
- 620 Jauker, Frank, Birgit Bondarenko, Heiko C. Becker, and Ingolf Steffan-
621 Dewenter. 2012. “Pollination Efficiency of Wild Bees and Hoverflies Provided
622 to Oilseed Rape.” *Agricultural and Forest Entomology* 14 (1): 81–87. [https://](https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00541.x)
623 doi.org/10.1111/j.1461-9563.2011.00541.x.
- 624 Jauker, Frank, Franziska Peter, Volkmar Wolters, and Tim Diekötter. 2012.
625 “Early Reproductive Benefits of Mass-Flowering Crops to the Solitary Bee *Os-*
626 *mia Rufa* Outbalance Post-Flowering Disadvantages.” *Basic and Applied Ecol-*
627 *ogy* 13 (3): 268–76. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.baee.](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.baee.2012.03.010)
628 2012.03.010.
- 629 Joshi, Neelendra K., Mark Otieno, Edwin G. Rajotte, Shelby J. Fleischer,
630 and David J. Biddinger. 2016. “Proximity to Woodland and Landscape Struc-
631 ture Drives Pollinator Visitation in Apple Orchard Ecosystem.” *Frontiers in*
632 *Ecology and Evolution* 4: 38. <https://doi.org/10.3389/fevo.2016.00038>.
- 633 Kallioniemi, Eveliina, Jens Åström, Graciela M. Rusch, Sondre Dahle, San-
634 dra Åström, and Jan Ove Gjørschaug. 2017. “Local Resources, Linear Elements
635 and Mass-Flowering Crops Determine Bumblebee Occurrences in Moderately

636 Intensified Farmlands.” *Agriculture, Ecosystems & Environment* 239: 90–100.
637 <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.039>.

638 Klein, Alexandra-Maria, Bernard E Vaissière, James H Cane, Ingolf Steffan-
639 Dewenter, Saul A Cunningham, Claire Kremen, and Teja Tscharntke. 2007.
640 “Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops.” *Pro-*
641 *ceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274 (1608): 303–13. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>.

643 Le Féon, Violette, Françoise Burel, Rémy Chifflet, Mickaël Henry, Agnès
644 Ricroch, Bernard E. Vaissière, and Jacques Baudry. 2013. “Solitary Bee Abun-
645 dance and Species Richness in Dynamic Agricultural Landscapes.” *Agricul-*
646 *ture, Ecosystems and Environment* 166: 94–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.06.020>.

648 Leifeld, Philip. 2013. “texreg: Conversion of Statistical Model Output in
649 R to LaTeX and HTML Tables.” *Journal of Statistical Software* 55 (8): 1–24.
650 <http://www.jstatsoft.org/v55/i08/>.

651 Linsley, E. Gorton. 1958. “The Ecology of Solitary Bees.” *Hilgardia* 27
652 (19): 543–99. <https://doi.org/10.3733/hilg.v27n19p543>.

653 Lonsdorf, Eric, Claire Kremen, Taylor Ricketts, Rachael Winfree, Neal
654 Williams, and Sarah Greenleaf. 2009. “Modelling pollination services across
655 agricultural landscapes.” *Annals of Botany* 103 (9): 1589–1600. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp069>.

657 Lüdecke, Daniel. 2018. “Ggeffects: Tidy Data Frames of Marginal Effects
658 from Regression Models.” *Journal of Open Source Software* 3 (26): 772. <https://doi.org/10.21105/joss.00772>.

660 Lüdecke, Daniel, Dominique Makowski, Philip Waggoner, and Indrajeet
661 Patil. 2020. *Performance: Assessment of Regression Models Performance*. <https://CRAN.R-project.org/package=performance>.

663 MacIvor, J. Scott, and Laurence Packer. 2015. “‘Bee Hotels’ as Tools
664 for Native Pollinator Conservation: A Premature Verdict?” Edited by Fabio
665 S. Nascimento. *PLOS ONE* 10 (3): e0122126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122126>.

667 Mallinger, Rachel E., and Claudio Gratton. 2015. “Species Richness of
668 Wild Bees, but Not the Use of Managed Honeybees, Increases Fruit Set of
669 a Pollinator-Dependent Crop.” *Journal of Applied Ecology* 52 (2): 323–30.
670 <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12377>.

671 Martins, Kyle T., Cécile H. Albert, Martin J. Lechowicz, and Andrew
672 Gonzalez. 2018. “Complementary Crops and Landscape Features Sustain Wild
673 Bee Communities.” *Ecological Applications* 28 (4): 1093–1105. <https://doi.org/10.1002/eap.1713>.

675 Michener, Charles. 2007. *The Bees of the World*. Baltimore: Johns Hopkins
676 University Press. <https://jhupbooks.press.jhu.edu/title/bees-world>.

677 Morandin, Lora A., and Claire Kremen. 2013. “Hedgerow Restoration Pro-
678 motes Pollinator Populations and Exports Native Bees to Adjacent Fields.”
679 *Ecological Applications* 23 (4): 829–39. <https://doi.org/10.1890/12-1051>.

680 1.

- 681 Odanaka, Katherine A., and Sandra M. Rehan. 2020. "Wild Bee Distribu-
682 tion Near Forested Landscapes Is Dependent on Successional State." *Forest*
683 *Ecosystems* 7 (1). <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00241-4>.
- 684 Ollerton, Jeff, Rachael Winfree, and Sam Tarrant. 2011. "How Many Flow-
685 ering Plants Are Pollinated by Animals?" *Oikos* 120 (3): 321–26. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>.
- 686 Papanikolaou, Alexandra D., Ingolf Kühn, Mark Frenzel, and Oliver Schweiger.
687 2017. "Semi-Natural Habitats Mitigate the Effects of Temperature Rise on
688 Wild Bees." *Journal of Applied Ecology* 54 (2): 527–36. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12763>.
- 689 Park, Mia G., E. J. Blitzer, Jason Gibbs, John E. Losey, and Bryan N.
690 Danforth. 2015. "Negative Effects of Pesticides on Wild Bee Communities
691 Can Be Buffered by Landscape Context." *Proceedings of the Royal Society B:*
692 *Biological Sciences* 282 (1809): 20150299. [https://doi.org/10.1098/rspb.](https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0299)
693 [2015.0299](https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0299).
- 694 Pebesma, Edzer. 2018. "Simple Features for R: Standardized Support for
695 Spatial Vector Data." *The R Journal* 10 (1): 439–46. [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009)
696 [32614/RJ-2018-009](https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009).
- 697 Pereira-Peixoto, Maria Helena, Gesine Pufal, Celso Feitosa Martins, and
698 Alexandra-Maria Klein. 2014. "Spillover of Trap-Nesting Bees and Wasps in
699 an Urban–rural Interface." *Journal of Insect Conservation* 18 (5): 815–26.
700 <https://doi.org/10.1007/s10841-014-9688-7>.
- 701 Potts, Joanne M., and Jane Elith. 2006. "Comparing Species Abundance
702 Models." *Ecological Modelling* 199 (2): 153–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.05.025>.
- 703 Potts, Simon G., Jacobus C. Biesmeijer, Claire Kremen, Peter Neumann,
704 Oliver Schweiger, and William E. Kunin. 2010. "Global Pollinator Declines:
705 Trends, Impacts and Drivers." *Trends in Ecology and Evolution* 25 (6): 345–53.
706 <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>.
- 707 Potts, Simon G., Betsy Vulliamy, Amots Dafni, Gidi Ne'eman, and Pat
708 Willmer. 2003. "Linking Bees and Flowers: How Do Floral Communities Struc-
709 ture Pollinatore Communities?" *Ecology* 84 (10): 2628–42. <https://doi.org/10.1890/02-0136>.
- 710 Provost, Gaëtane Le, Isabelle Badenhauer, Cyrille Violle, Fabrice Re-
711 quier, Marie D'Ottavio, Marilyn Roncoroni, Louis Gross, and Nicolas Gross.
712 2020. "Grassland-to-Crop Conversion in Agricultural Landscapes Has Lasting
713 Impact on the Trait Diversity of Bees." *Landscape Ecology*, October. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01141-2>.
- 714 R Core Team. 2020. *R: A Language and Environment for Statistical Com-*
715 *puting*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- 716 Ricci, B., C. Lavigne, A. Alignier, S. Aviron, L. Biju-Duval, J. C. Bouvier,
717 J.-P. Choisis, et al. 2019. "Local Pesticide Use Intensity Conditions Landscape
718 Effects on Biological Pest Control." *Proceedings of the Royal Society B: Biolog-*
719 *ical Sciences* 286 (1904): 20182898. [https://doi.org/10.1098/rspb.2018.](https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2898)
720 [2898](https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2898).

- 727 Ricketts, Taylor H., James Regetz, Ingolf Steffan-Dewenter, Saul A. Cun-
728 ningham, Claire Kremen, Anne Bogdanski, Barbara Gemmill-Herren, et al.
729 2008. "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Pat-
730 terns?" *Ecology Letters* 11 (5): 499–515. [https://doi.org/10.1111/j.1461-](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x)
731 [0248.2008.01157.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x).
- 732 Riedinger, Verena, Oliver Mitesser, Thomas Hovestadt, Ingolf Steffan-Dewenter,
733 and Andrea Holzschuh. 2015. "Annual Dynamics of Wild Bee Densities: At-
734 tractiveness and Productivity Effects of Oilseed Rape." *Ecology* 96 (5): 1351–
735 60. <https://doi.org/10.1890/14-1124.1>.
- 736 Rollin, Orianne, Vincent Bretagnolle, Axel Decourtye, Jean Aptel, Nadia
737 Michel, Bernard E. Vaissière, and Mickaël Henry. 2013. "Differences of Floral
738 Resource Use Between Honey Bees and Wild Bees in an Intensive Farming
739 System." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 179: 78–86. [https://doi.](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.007)
740 [org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.007](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.07.007).
- 741 RStudio Team. 2019. *RStudio: Integrated Development Environment for R*.
742 Boston, MA: RStudio, Inc. <http://www.rstudio.com/>.
- 743 Rundlöf, Maj, Georg K. S. Andersson, Riccardo Bommarco, Ingemar Fries,
744 Veronica Hederström, Lina Herbertsson, Ove Jonsson, et al. 2015. "Seed Coat-
745 ing with a Neonicotinoid Insecticide Negatively Affects Wild Bees." *Nature* 521
746 (7550): 77–80. <https://doi.org/10.1038/nature14420>.
- 747 Rust, Richard W. 1993. "Cell and Nest Construction Costs in Two Cavity-
748 Nesting Bees (*Osmia lignaria propinqua* and *Osmia ribifloris biedermannii*)
749 (Hymenoptera: Megachilidae)." *Annals of the Entomological Society of Ameri-*
750 *ca* 86 (3): 327–32. <https://doi.org/10.1093/aesa/86.3.327>.
- 751 Sánchez-Bayo, Francisco, and Kris A. G. Wyckhuys. 2019. "Worldwide
752 Decline of the Entomofauna: A Review of Its Drivers." *Biological Conser-*
753 *vation* 232: 8–27. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020)
754 [2019.01.020](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020).
- 755 Sgolastra, Fabio, Piotr Medrzycki, Laura Bortolotti, Maria Teresa Renzi,
756 Simone Tosi, Gherardo Bogo, Dariusz Teper, Claudio Porrini, Roberto Molowny-
757 Horas, and Jordi Bosch. 2017. "Synergistic Mortality Between a Neonicotinoid
758 Insecticide and an Ergosterol-Biosynthesis-Inhibiting Fungicide in Three Bee
759 Species." *Pest Management Science* 73 (6): 1236–43. [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.1002/ps.4449)
760 [1002/ps.4449](https://doi.org/10.1002/ps.4449).
- 761 Shaw, Rosalind F., Benjamin B. Phillips, Toby Doyle, Judith K. Pell, John
762 W. Redhead, Joanna Savage, Ben A. Woodcock, James M. Bullock, and Juliet
763 L. Osborne. 2020. "Mass-Flowering Crops Have a Greater Impact Than Semi-
764 Natural Habitat on Crop Pollinators and Pollen Deposition." *Landscape Ecol-*
765 *ogy* 35 (2): 513–27. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00962-0>.
- 766 Steffan-Dewenter, Ingolf. 2002. "Landscape Context Affects Trap-Nesting
767 Bees, Wasps, and Their Natural Enemies." *Ecological Entomology* 27 (5): 631–
768 37. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2002.00437.x>.
- 769 Steffan-Dewenter, Ingolf, and Kathleen Leschke. 2003. "Effects of Habitat
770 Management on Vegetation and Above-Ground Nesting Bees and Wasps of
771 Orchard Meadows in Central Europe." *Biodiversity and Conservation* 12 (9):
772 1953–68. <https://doi.org/10.1023/a:1024199513365>.

- 773 Stuligross, Clara, and Neal M. Williams. 2020. "Pesticide and Resource
774 Stressors Additively Impair Wild Bee Reproduction." *Proceedings of the Royal*
775 *Society B: Biological Sciences* 287 (1935): 20201390. [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1390)
776 [1098/rspb.2020.1390](https://doi.org/10.1098/rspb.2020.1390).
- 777 Tschardt, Teja, Jason M. Tylianakis, Tatyana A. Rand, Raphael K.
778 Didham, Lenore Fahrig, Péter Batáry, Janne Bengtsson, et al. 2012. "Land-
779 scape Moderation of Biodiversity Patterns and Processes - Eight Hypothe-
780 ses." *Biological Reviews* 87 (3): 661–85. [https://doi.org/10.1111/j.1469-](https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x)
781 [185X.2011.00216.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x).
- 782 Vanbergen, Adam J, and the Insect Pollinators Initiative. 2013. "Threats
783 to an Ecosystem Service: Pressures on Pollinators." *Frontiers in Ecology and*
784 *the Environment* 11 (5): 251–59. <https://doi.org/10.1890/120126>.
- 785 Vicens, Narcís, and Jordi Bosch. 2000. "Weather-Dependent Pollinator Ac-
786 tivity in an Apple Orchard, with Special Reference to *Osmia cornuta* and *Apis*
787 *mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae)." *Environmental Entomol-*
788 *ogy* 29 (3): 413–20. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.413>.
- 789 Woodcock, B. A., J. M. Bullock, R. F. Shore, M. S. Heard, M. G. Pereira,
790 J. Redhead, L. Ridding, et al. 2017. "Country-Specific Effects of Neonicotinoid
791 Pesticides on Honey Bees and Wild Bees." *Science* 356 (6345): 1393–5. [https:](https://doi.org/10.1126/science.aaa1190)
792 [//doi.org/10.1126/science.aaa1190](https://doi.org/10.1126/science.aaa1190).
- 793 Woodcock, Ben A., Nicholas J. B. Isaac, James M. Bullock, David B. Roy,
794 David G. Garthwaite, Andrew Crowe, and Richard F. Pywell. 2016. "Impacts
795 of Neonicotinoid Use on Long-Term Population Changes in Wild Bees in Eng-
796 land." *Nature Communications* 7 (1). <https://doi.org/10.1038/ncomms12459>.
- 797 Zurbuchen, Antonia, Lisa Landert, Jeannine Klaiber, Andreas Müller, Silke
798 Hein, and Silvia Dorn. 2010. "Maximum Foraging Ranges in Solitary Bees:
799 Only Few Individuals Have the Capability to Cover Long Foraging Distances."
800 *Biological Conservation* 143 (3): 669–76. [https://doi.org/https://doi.org/](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003)
801 [10.1016/j.biocon.2009.12.003](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003).

5. *Influence inter-annuelle des cultures à floraison massive sur les abeilles solitaires*

5.3 Annexes de l'article

802 Appendix A : variables included in full models

Table 2 Variables included in full models.

Type	Name	Source
<i>Local</i>	Farming system (in field crop model)	FBO
	Type of meadow (in meadow model)	
	Young hedgerow	
	Old hedgerow	
	Grassy strip	
	Road	
	Woody margin	
<i>Landscape</i>	Ditch	RPG
	Rapeseed cover (current and previous year)	
	Sunflower cover (current and previous year)	
	Temporary meadow cover (current and previous year)	
	Permanent meadow cover (current and previous year)	
<i>Interactions</i>	Orchard cover (current and previous year)	CLC
	Perimeter of forests	
	Rapeseed cover x Farming system	
<i>Control</i>	Sunflower cover x Farming system	E-OBS
	Permanent meadow cover x Farming system	
	Temperature	
<i>Control</i>	Precipitation	FBO
	Number of days until the observation date	

803 Appendix B : variance inflation factors

Table 3 Variance inflation factors for solitary bee models, obtained with the *performance* package (Lüdecke, Makowski, Waggoner, & Patil, 2020).

	VIF - Zero model		VIF - Count model	
	Field crops	Meadows	Field crops	Meadows
Landscape variables				
Area of rapeseed (current year)	1.1613843	1.4331223	1.1760177	1.1637416
Area of rapeseed (previous year)	1.2575812	1.3411484	1.490103	1.1544491
Area of sunflower (current year)	1.1507636	1.2390304	1.1240526	2.7817675
Area of sunflower (previous year)	1.312954	1.1613843	1.3028097	3.0061777
Area of permanent meadows	1.1793103	1.1507636	1.175312	1.4221678
Area of temporary meadows (current year)		1.312954		2.3629475
Area of temporary meadows (previous year)		1.3230414		1.9896526
Local variables				
Organic farming	1.3230414		3.0345493	
Permanent meadow		1.2575812		1.1882082
Perimeter of forests	1.0325193			
Road	1.0603447			1.0680997
Young hedgerow		1.1793103		
Old hedgerow	1.058275	1.0325193	1.0470096	
Interactions				
Area of rapeseed (cur. year):Organic farming	5.0463066		2.821749	
Area of rapeseed (prev. year):Organic farming	5.0463066		1.5065585	
Area of sunflower (cur. year):Organic farming	5.0463066		1.4331223	
Area of sunflower (prev. year):Organic farming	5.0463066		1.3411484	
Area of permanent meadows:Organic farming	5.0463066		1.2390304	
Control variables				
Temperature	1.3516973	1.058275	1.4147727	1.3678506
Precipitation	1.2405514	1.0603447	1.2433694	1.3891674
Number of days	1.1778804	1.3516973	1.2125183	1.1144494

804 Appendix C : residual diagnostics

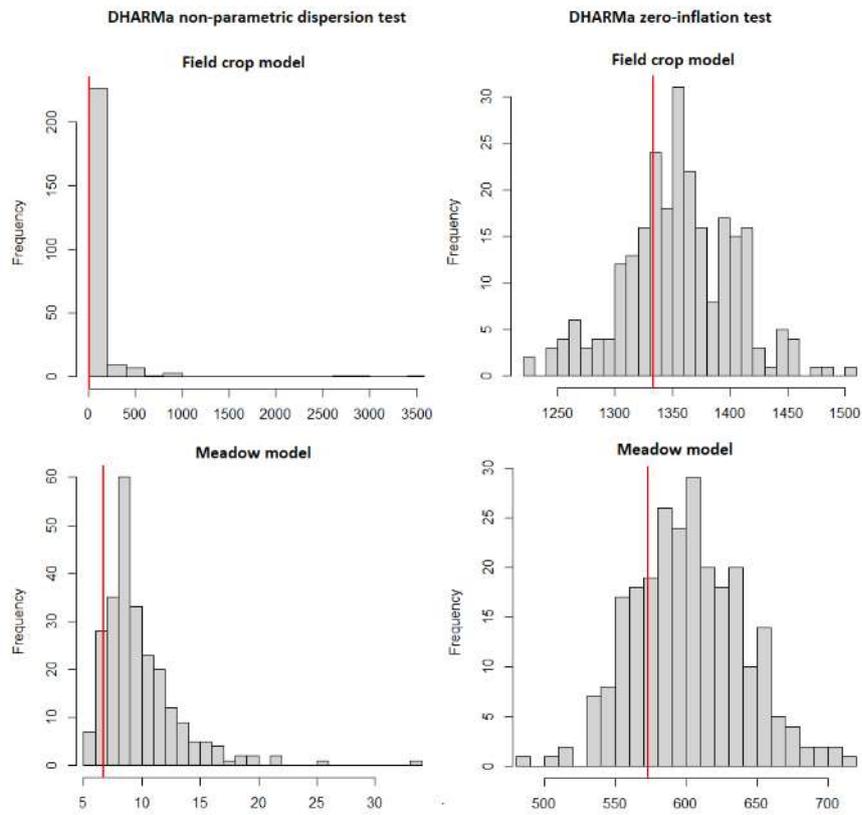


Fig. 6 Residual diagnostics for solitary bee models, obtained with the *DHARMA* package (Hartig, 2020). Grey bars are simulated values, the red line is the fitted model.

805 **Appendix D : Durbin-Watson tests**

806 To detect the presence of temporal autocorrelation in the residuals, we applied the Durbin
 807 Watson test to the sites that were monitored at least three times in the year. Thus, we
 808 could test 393 site/year couples in our field crop edge model and 174 site/year couples in
 809 our meadow edge model.

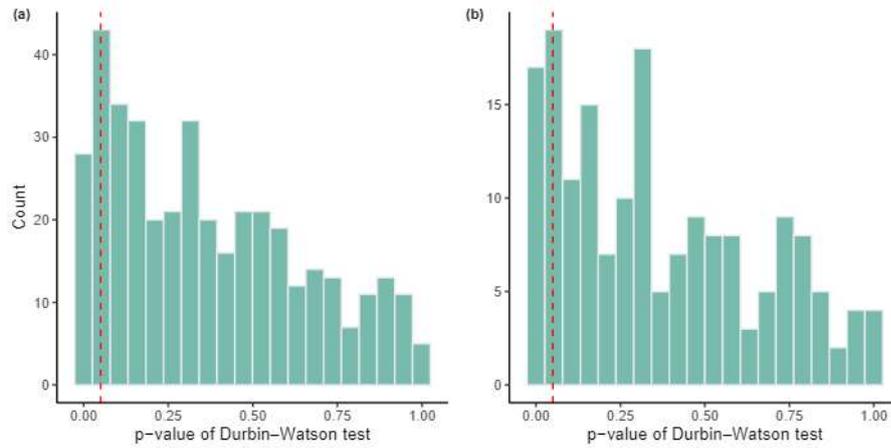


Fig. 7 Distribution of Durbin-Watson test p-values, for residuals of (a) field crop edge model or (b) meadow edge model
 . Red dashed line is the 0.05 threshold.

810 In our field crop edge model, a total of 51 site/year couples (13%) have a p-value lower
 811 than 0.05. In our meadow edge model, a total of 27 site/year couples (15.5%) have a p-value
 812 lower than 0.05.

813 Appendix E : alternative models

Table 4 Comparison of hurdle model outputs examining the relationship between the presence of tubes ("Zero model") or their abundance conditional on presence ("Count model") and environmental variables, for trap nests set up in field crop edges. The table shows the parameter estimates, with standard errors in parentheses. Parameters with a p-value < 0.05 are reported in bold. All variables were standardized and centered.

	Current model	Alternative models	
	All counts of mud-sealed tubes	Highest count of mud-sealed tubes	All counts of all tubes
Count model			
Intercept (conventional farming, no landscape elements nearby)	1.32 (0.14)***	1.93 (0.19)***	1.73 (0.10)***
Area of rapeseed (current year)	0.04 (0.06)	-0.12 (0.10)	-0.03 (0.04)
Area of rapeseed (previous year)	0.31 (0.09)***	0.25 (0.12)*	0.31 (0.06)***
Area of sunflower (current year)	0.03 (0.07)	-0.12 (0.10)	0.01 (0.04)
Area of sunflower (previous year)	-0.04 (0.09)	0.19 (0.13)	-0.01 (0.06)
Area of permanent meadows	0.27 (0.09)**	0.34 (0.10)***	0.25 (0.07)***
Organic farming	-0.75 (0.43)	-1.58 (0.56)**	-0.63 (0.29)*
<i>Old hedgerow</i>	-0.14 (0.18)	-0.13 (0.19)	-0.12 (0.13)
Area of rapeseed (cur. year):Organic farming	-1.51 (0.70)*	-2.19 (1.14)	-1.04 (0.48)*
Area of rapeseed (prev. year):Organic farming	-0.31 (0.31)	-0.60 (0.39)	-0.20 (0.24)
Area of sunflower (cur. year):Organic farming	1.03 (0.46)*	-0.21 (0.69)	-0.03 (0.11)
Area of sunflower (prev. year):Organic farming	0.19 (0.28)	0.13 (0.30)	0.10 (0.17)
Area of permanent meadows:Organic farming	-0.07 (0.28)	-0.19 (0.33)	-0.15 (0.21)
Temperature	0.40 (0.07)***	0.08 (0.11)	0.36 (0.05)***
Precipitation	0.37 (0.05)***	0.20 (0.11)	0.24 (0.04)***
<i>Number of days</i>	0.02 (0.04)	-0.07 (0.11)	0.23 (0.03)***
Zero model			
Intercept (conventional farming, no landscape elements nearby)	-0.90 (0.30)**	1.01 (0.30)***	0.38 (0.24)
Area of rapeseed (current year)	-0.14 (0.11)	-0.03 (0.15)	-0.01 (0.11)
Area of rapeseed (previous year)	0.50 (0.15)***	0.31 (0.17)	0.07 (0.13)
Area of sunflower (current year)	-0.07 (0.12)	0.04 (0.14)	0.29 (0.12)*
Area of sunflower (previous year)	-0.41 (0.17)*	-0.37 (0.18)*	-0.26 (0.15)
Area of permanent meadows	0.69 (0.19)***	0.51 (0.16)**	0.43 (0.16)**
<i>Perimeter of forests</i>	0.37 (0.19)*	-0.02 (0.15)	0.47 (0.15)**
Organic farming	0.48 (0.57)	0.27 (0.64)	-0.06 (0.44)
<i>Road</i>	-0.68 (0.31)*	-0.71 (0.31)*	-0.97 (0.27)***
<i>Old hedgerow</i>	0.59 (0.31)	0.48 (0.29)	0.93 (0.27)***
Area of rapeseed (cur. year):Organic farming	-0.33 (0.82)	0.22 (1.01)	-0.83 (0.68)
Area of rapeseed (prev. year):Organic farming	0.72 (0.70)	1.47 (0.96)	0.64 (0.56)
Area of sunflower (cur. year):Organic farming	-0.27 (0.41)	-0.80 (0.76)	-0.52 (0.30)
Area of sunflower (prev. year):Organic farming	-0.79 (0.52)	-0.03 (0.63)	-0.44 (0.42)
Area of permanent meadows:Organic farming	-0.30 (0.59)	-0.12 (0.77)	-0.16 (0.48)
Temperature	1.32 (0.14)***	1.40 (0.20)***	0.95 (0.12)***
Precipitation	0.66 (0.11)***	0.29 (0.19)	0.55 (0.10)***
<i>Number of days</i>	0.60 (0.09)***	2.42 (0.29)***	1.29 (0.10)***

***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05

Table 5 Comparison of hurdle model outputs examining the relationship between the presence of tubes ("Zero model") or their abundance conditional on presence ("Count model") and environmental variables, for trap nests set up in **meadows edges**. The table shows the parameter estimates, with standard errors in parentheses. Parameters with a p-value < 0.05 are reported in bold. All variables were standardized and centered.

	Current model	Alternative models	
	All counts of mud-sealed tubes	Highest count of mud-sealed tubes	All counts of all tubes
Count model			
Intercept (temporary meadow, no landscape elements nearby)	1.63 (0.20)***	1.93 (0.29)***	1.91 (0.18)***
Area of rapeseed (current year)	-0.04 (0.06)	-0.15 (0.13)	0.03 (0.06)
Area of rapeseed (previous year)	0.24 (0.09)**	0.27 (0.12)*	0.16 (0.08)*
Area of sunflower (current year)	0.10 (0.16)	0.19 (0.27)	0.17 (0.09)*
Area of sunflower (previous year)	-0.10 (0.16)	-0.16 (0.22)	-0.15 (0.10)
Area of permanent meadows	0.11 (0.11)	0.12 (0.13)	0.10 (0.10)
Area of temporary meadows (current year)	-0.40 (0.16)*	-0.35 (0.20)	-0.25 (0.14)
Area of temporary meadows (previous year)	0.30 (0.15)*	0.33 (0.18)	0.12 (0.14)
Permanent meadow	-0.01 (0.18)	0.18 (0.25)	-0.06 (0.16)
Road	-0.50 (0.20)*	-0.37 (0.25)	-0.51 (0.19)**
Temperature	0.24 (0.10)*	0.29 (0.17)	0.12 (0.09)
Precipitation	0.25 (0.09)**	0.22 (0.16)	0.26 (0.08)**
Number of days	0.18 (0.06)**	0.16 (0.18)	0.24 (0.05)***
Zero model			
Intercept (temporary meadow, no landscape elements nearby)	-1.72 (0.59)**	0.86 (0.40)*	-0.24 (0.45)
Area of rapeseed (current year)	0.31 (0.20)	0.19 (0.30)	0.18 (0.17)
Area of rapeseed (previous year)	0.13 (0.29)	0.06 (0.25)	0.04 (0.24)
Area of sunflower (current year)	-0.35 (0.30)	-0.32 (0.35)	0.02 (0.21)
Area of sunflower (previous year)	-0.16 (0.38)	-0.15 (0.30)	-0.33 (0.29)
Area of permanent meadows	1.03 (0.38)**	0.64 (0.25)*	0.75 (0.29)**
Area of temporary meadows (current year)	1.15 (0.46)*	0.37 (0.32)	0.50 (0.38)
Area of temporary meadows (previous year)	-1.09 (0.49)*	-0.22 (0.32)	-0.56 (0.40)
Permanent meadow	0.51 (0.40)	-0.31 (0.42)	0.48 (0.36)
Young hedgerow	1.16 (0.66)	0.08 (0.59)	0.43 (0.53)
Old hedgerow	0.41 (0.62)	0.48 (0.42)	0.59 (0.49)
Temperature	1.79 (0.29)***	0.97 (0.28)***	1.81 (0.27)***
Precipitation	1.44 (0.26)***	0.04 (0.28)	1.10 (0.23)***
Number of days	1.07 (0.16)***	2.10 (0.35)***	1.38 (0.16)***

*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

5. *Influence inter-annuelle des cultures à floraison massive sur les abeilles solitaires*



Observation d'un carabe sous une planche

Troisième partie

**Quels savoirs pour travailler avec le vivant
et comment les produire ? Usages de
l'OAB, relation avec la biodiversité et place
des savoirs "expérientiels" dans un régime
de savoir industriel**

Dans cette partie nous mobilisons les travaux sociologiques pour explorer et décrire le fonctionnement de l'OAB. Le chapitre 6 présentera les différentes appropriations de l'OAB par les participants. Nous discuterons de la valorisation et du sens donné aux observations réalisées. Nous montrerons ainsi l'existence de différents paradoxes au sein de l'OAB. Ce chapitre permettra de dévoiler le fonctionnement de l'OAB en exposant son utilisation par les participants.

Le chapitre 7, plus court, reviendra sur la relation des agriculteur·rices à la biodiversité. Nous identifierons d'une part une vision de la biodiversité comme patrimoine, élément extérieur qu'il est important de préserver mais peu intégré aux pratiques agronomiques. D'autres agriculteur·rices vont cependant plus loin et développent une relation de confiance, la biodiversité devenant une vraie alliée dont l'action compte lors des prises de décisions agronomiques (par exemple pour traiter).

Enfin dans le chapitre 8, nous prendrons un peu de recul sur nos résultats. Nous évoquerons la place stratégique d'une démarche participative telle que l'OAB qui cherche à mettre en avant un savoir "*expérientiel*" directement lié à la pratique. Cette approche est en opposition avec le mode dominant de production des connaissances, ce qui se ressent dans les usages de l'OAB. Nous terminerons en discutant du rôle de la recherche dans la production des savoirs ainsi que de la place de l'OAB et du management public dans l'écologisation des pratiques.

6 Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

Dans ce chapitre nous montrerons que les apprentissages entraînés par l'OAB se comprennent sous l'angle théorique des paradoxes. Cette approche permet de rendre compte qu'à leurs différentes échelles, les participants de l'OAB se l'approprient et développent de nouveaux usages et questionnements. Ce succès de l'OAB, qui ne rend pas indifférents les participants, provoque l'apparition de paradoxes : des situations dans lesquelles les participants doivent répondre à deux injonctions qui paraissent contradictoires. Ces paradoxes sont présents à différentes échelles, de l'individu aux organisations. Ainsi, nous commencerons par présenter ce corpus théorique qui nous a aidés à l'interprétation, avant de détailler les résultats ¹.

6.1 Les paradoxes, une nouvelle perspective d'analyse en sciences de gestion

Le *paradoxe* est un concept très ancien, dont les racines puisent à la fois dans des traditions philosophiques orientales et occidentales (SCHAD et al. 2016). Les premières mettent en avant l'interdépendance d'éléments contradictoires au cœur du paradoxe, suggérant alors d'embrasser ce dernier et de l'assumer. Plutôt que de le résoudre. La tradition occidentale, issue de la philosophie grecque, insiste de son côté sur la contradiction entre des éléments, afin de rechercher la vérité. C'est le paradoxe rhétorique qui est mis en avant. Un courant de recherche récent en sciences de gestion mobilise le concept comme angle d'analyse pour comprendre les situations de management (LEWIS 2000; POOLE et VAN DE VEN 1989; QUINN et CAMERON 1988). Ainsi, la méta-théorie des paradoxes propose des principes pour aider à l'étude du

1. Plusieurs éléments de ce chapitre ont fait l'objet d'une communication (en annexe) au sein du colloque de l'Association Internationale de Recherche en Management Public (AIRMAP) en mai 2021 : "*Entre le ministère et la terre : la recherche de proximité des sciences participatives révélatrice de paradoxes*" (BILLAUD et MACLOUF 2021)

concept et montrer son intérêt dans différents champs du management (SCHAD et al. 2016).

6.1.1 La pensée paradoxale, source de compréhension des dynamiques organisationnelles

Le paradoxe peut être défini comme "*une contradiction permanente entre deux éléments interdépendants*". Trois éléments sont clés dans cette définition : la *contradiction*, l'*interdépendance* et la *persistance* (figure 6.1). La contradiction provient de demandes logiques si prises isolément mais absurdes ensemble (LEWIS 2000). Elle est source de tension et d'opposition. L'interdépendance met en lumière les liens inextricables entre les éléments, comme "deux faces d'une même pièce". Contrairement au dilemme, dans un paradoxe on ne peut choisir et séparer une face de l'autre. La dernière caractéristique du paradoxe est sa persistance au cours du temps. Il est rarement complètement résolu (SMITH et LEWIS 2011). Il peut néanmoins rester latent dans une organisation et ne devenir visible et source de tensions que sous certaines conditions, telles que l'apparition d'une pluralité de points de vue, une volonté de changement ou la limitation des ressources (SMITH et LEWIS 2011).

La pensée paradoxale est exigeante mais fertile. Elle demande de raisonner simultanément sur des dimensions *a priori* contradictoires, ce qui renouvelle nos regards sur l'organisation et les situations de gestion (LEWIS 2000). En effet, l'interdépendance des éléments incite à des relations cycliques entre des forces opposées. Cette vision invite à passer d'un management de contrôle recherchant la solution à des processus dynamiques gérant et travaillant avec le paradoxe. D'après la littérature, pour être vertueux, le management du paradoxe est important. A cette fin, celle-ci propose différentes typologies de paradoxes et de moyens de les réguler.

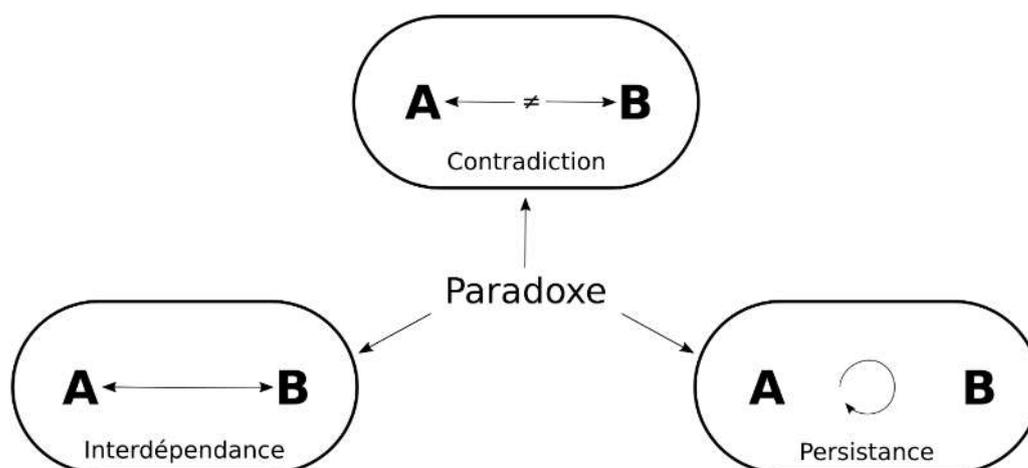


FIGURE 6.1. – Trois dimensions du paradoxe : contradiction entre les injonctions, leur interdépendance et sa persistance dans le temps

6.1.2 Catégorisation et régulation des paradoxes

Quatre types de paradoxes sont classiquement identifiés : de l'organisant (*organizing*), identitaire (*belonging*), de performance (*performing*) et d'apprentissage (*learning*) (SMITH et LEWIS 2011). Le paradoxe de l'*organisant* provient de tensions dans la différenciation et l'intégration organisationnelles : les organisations ont des sous-systèmes qui agissent de manière indépendante mais qui restent interdépendants. Un exemple classique est la tension existante dans de nombreuses entreprises entre l'activité d'exploration à la recherche d'innovations et celle d'exploitation optimisant la production existante. Ce paradoxe est courant dans les phases de restructuration d'une entreprise (LUSCHER et LEWIS 2008), ou dans les organisations hybrides, comme de nombreux instituts publics auxquels ont été imposés des objectifs de rentabilité financière (CROUS, hôpitaux...). Ils doivent alors combiner une culture du service public pour tous et une nouvelle culture marchande proposant différentes offres de services (TAHAR 2018). Ensuite, le paradoxe *identitaire* est envisagé à une échelle méso. Celui-ci apparaît lorsque les valeurs et croyances de différents groupes rentrent en tensions. Les acteurs de ces groupes interagissent mais n'arrivent pas à concilier ces valeurs. Par exemple, LUSCHER et LEWIS (2008) montrent lors d'une restructuration la difficulté discernée par les managers entre le besoin de faire confiance à leurs collègues et l'absence de routines de travail et de relations stables permettant cette confiance. Puis, le paradoxe de *performance* est principalement ressenti par les individus, lorsque la complexité des buts et de la structure de l'organisation les place face à des injonctions incompatibles. VALETTE, DIOCHON et BURELLIER (2018) montrent la variabilité des postures des chefs de pôles hospitaliers devant gérer des injonctions potentiellement contradictoires entre la maîtrise des ressources financières et le développement de l'activité du service. Leur étude révèle que les paradoxes non régulés peuvent dans certains cas être source de souffrance pour les individus, pris entre plusieurs prescriptions. Enfin, le paradoxe *d'apprentissage* se déploie à travers des modes de savoir et d'acquisition des connaissances différents. Les tensions ressortent, par exemple, dans des projets alternant innovation radicale et innovation incrémentale, ou encore dans la contradiction entre d'une part construire sur l'expérience passée et d'autre part la tentation dans les dynamiques d'innovation de faire table rase. Selon JARZABKOWSKI, LÊ et VAN DE VEN (2013), le paradoxe d'apprentissage est rarement constaté directement, car il sous-jacent aux autres. Ainsi, une entreprise peut générer un paradoxe d'organisant ou identitaire en séparant deux modes d'acquisition du savoir dans des divisions différentes, par exemple avec la recherche et développement d'un côté et les services des ventes d'autre part. De même, à l'échelle individuelle cela pourrait s'observer entre des injonctions créatrices et d'autre part la contrainte de se conformer à des normes opérationnelles dans l'activité.

Les modes de gestion des paradoxes se classent en deux catégories, les défensifs et les actifs. Les régulations défensives ont pour finalité première d'évacuer ou de limiter les tensions dues au paradoxe (POOLE et VAN DE VEN 1989). Sans chercher à en faire une liste exhaustive, nous y distinguons par exemple : le déni du paradoxe, myopie

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

organisationnelle accentuée par les routines; la séparation qui évite la confrontation en cloisonnant les deux pôles de tension; ou encore le dilemme qui favorise un aspect au détriment de l'autre. Néanmoins, ces modes de gestion ne reconnaissent pas le potentiel créatif du paradoxe. C'est à l'inverse ce que cherchent à faire les réponses actives, plus exigeantes. Pêle-mêle nous trouvons, par exemple, la confrontation qui entretient délibérément les tensions et les gère dans des espaces de discussion, l'ajustement qui reconnaît la légitimité des deux aspects qui doivent être simultanément pris en compte en modifiant les pratiques de management, mais aussi la transcendance qui cherche un nouveau cadre de référence ou un concept tiers pour dépasser le paradoxe. En particulier, la diversité des réponses suggère leur combinaison dans le temps en fonction de la nature des paradoxes et des organisations. Au-delà de ces catégories, l'étude des paradoxes demandent donc une nécessaire contextualisation, pour évaluer par exemple les pressions institutionnelles, culturelles ou encore les marges de manœuvre de l'organisation (GRIMAND, OIRY et RAGAIGNE 2018b).

Par exemple, dans cette optique JARZABKOWSKI, LÊ et VAN DE VEN (2013) soulignent dans leur étude l'importance des relations dynamiques entre les différents paradoxes et entre les réponses apportées. Quatre types de réponses, trois défensives (séparation, suppression, opposition) et une active (ajustement) génèrent une association récursive entre les paradoxes d'organisant, identitaire et de performance, chacun situé à une échelle différente. Selon un modèle quasi-structurationniste, les activités des individus et des groupes pour gérer les paradoxes de performance et identitaire (figure 6.2A) s'incorporent aux procédures et routines de l'organisation, alimentant la réponse à un paradoxe d'organisant (figure 6.2B). En retour, cette incorporation influence les nouvelles réponses aux niveaux méso et micro (JARZABKOWSKI, LÊ et VAN DE VEN 2013).

6.1.3 Paradoxe et outil de gestion

Ainsi, si la qualification des paradoxes commence à faire consensus théorique, l'enjeu se porte sur les voies de leur régulation et la compréhension des combinaisons possibles (GRIMAND, OIRY et RAGAIGNE 2018b). Dans ce cadre, les outils de gestion en particulier semblent jouer un rôle dans la régulation des paradoxes (GRIMAND, OIRY et RAGAIGNE 2018a). Leur relation est dialectique : les paradoxes des organisations orientent le déploiement des outils tandis que ces derniers sont régulièrement mobilisés pour résoudre des paradoxes. La capacité de régulation des outils de gestion dépend cependant de l'importance de leur couplage avec l'organisation. Selon GRIMAND, OIRY et RAGAIGNE (2018a), un couplage fort (importance de l'usage prescrit, existence de règles et d'inspection, etc.) de l'outil avec l'organisation tend à renforcer une régulation des paradoxes par le dilemme et une résolution seulement apparente. Inversement, un couplage faible de l'outil (système ouvert, degré d'interdépendance des éléments variable et soumis à une part d'indétermination) autoriserait une prise en charge des paradoxes plus constructive en facilitant le processus de construction de sens autour de l'outil et en laissant un espace pour des usages émergents.

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

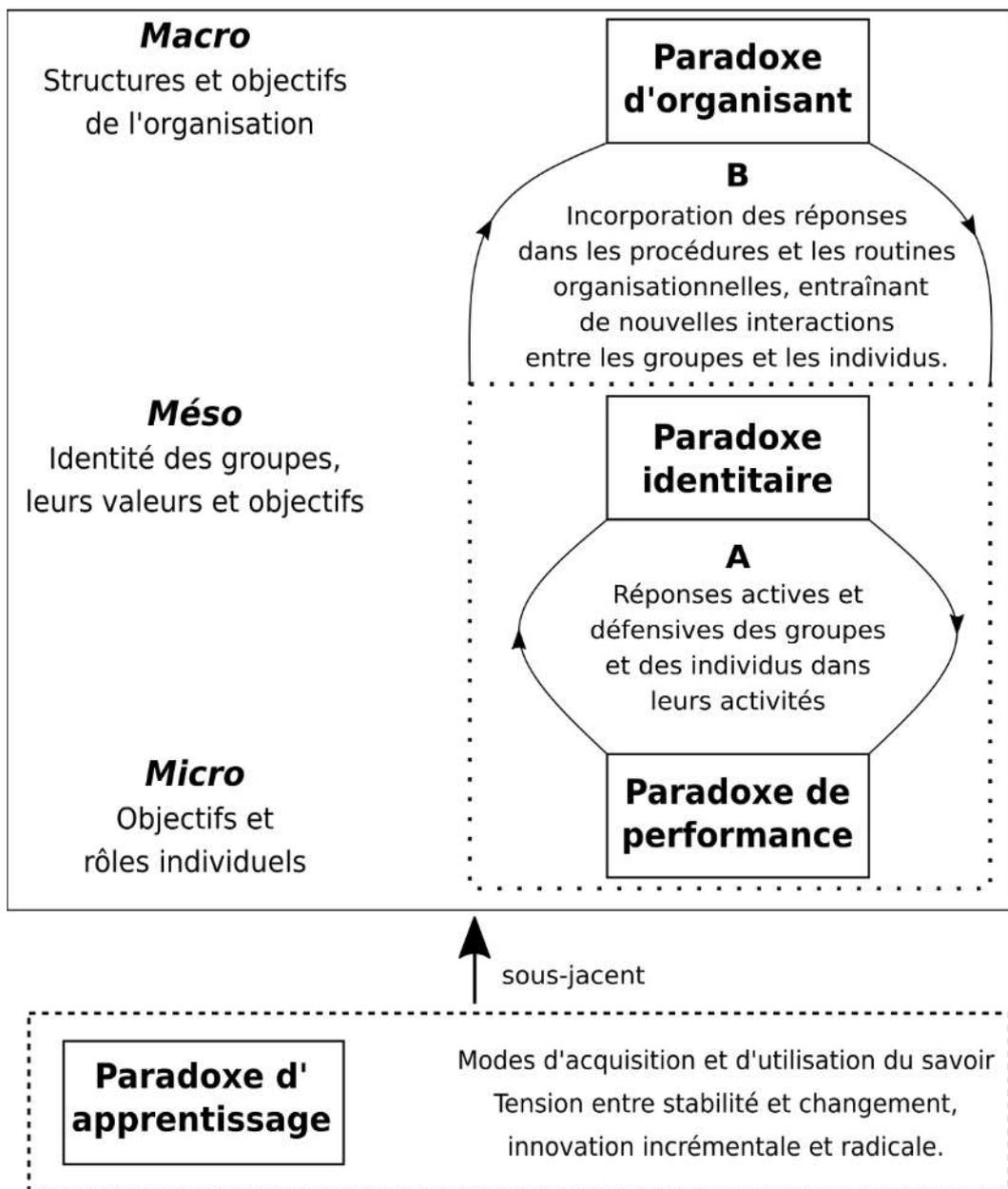


FIGURE 6.2. – Relations mutuelles entre les catégories de paradoxe. Les différents paradoxes apparaissent simultanément mais à des niveaux différents. Les réponses de gestion à chaque échelle s'influencent et se construisent mutuellement. Adapté de JARZABKOWSKI, LÈ et VAN DE VEN (2013).

Cette théorie des paradoxes n'a pas été mobilisée directement dans le codage pour étudier le matériau qualitatif récolté lors de l'enquête sociale. Son utilisation est rétrospective, comme résultat d'un travail de mise en cohérence des différents fondements théoriques et de construction d'un cadre d'interprétation des résultats.

6.2 Produire un savoir normatif local à partir de données standardisées et ancrées dans leur milieu : un paradoxe de performance

6.2.1 Face à l'incapacité de produire un savoir normatif opérationnel

La participation à l'OAB met en avant la biodiversité comme élément important de l'agro-écosystème. Celui-ci est observé et identifié. Les participants mobilisent ces nouvelles connaissances et espèrent les intégrer pour améliorer leurs pratiques. Une fois la biodiversité identifiée, on veut pouvoir agir dessus, faire ce lien direct entre les pratiques et sa présence et sélectionner les itinéraires techniques qui lui sont favorables. Or, cette attente opérationnelle est généralement difficile à satisfaire, plaçant les participants dans des situations de paradoxes.

6.2.1.1 Produire des indicateurs pour identifier et démontrer les meilleures pratiques

Il s'agit pour certains réseaux de "démontrer" des aides de gestion à partir de mesure et d'analyse. Ainsi, plusieurs réseaux se sont développés sur cette approche assez normative de l'OAB. En témoigne par exemple une association naturaliste : *"Moi quand je le présentais je le vendais un peu comme cela : vous allez avoir des résultats, des pistes, c'était la volonté initiale d'avoir quelque chose, de vraies analyses qui puissent être faites sur les données collectées."* De même, dans le service environnement d'une communauté de communes, la chargée de mission biodiversité explique que le programme a été mis en place au départ afin de fournir des informations sur la biodiversité et servir d'indicateurs de gestion : *"Alors on était parti sur les abeilles solitaires, plus pour avoir un indicateur sur les milieux agricoles et puis sur la biodiversité ordinaire comme on l'appelle en fait."* Ou encore le cas d'une conseillère chambre, dont le financement par le conseil régional était conditionné à la production au bout de trois ans d'indicateurs pour l'identification de pratiques favorables à la biodiversité : *"Et l'objectif final que nous a donné le conseil régional qui nous finance c'est de sortir un petit guide ou des fiches... De sortir quelque chose qui donne les grandes lignes de ce qui est favorable sur une exploitation agricole pour la biodiversité. Donc voilà, c'est la fin de la troisième année de financement avec le conseil régional. J'ai ces fiches-là à sortir."*

Pour certains agriculteur·rices également, ces observations doivent permettre de démontrer le rôle de certaines pratiques : *"Oui oui pour mesurer, parce que c'est un endroit qui est bocager donc pour voir si on peut faire la différence. Moi j'en suis convaincu au départ, mais en faisant des comptages est-ce qu'on a plus de biodiversité dans des espaces bocagers fermés par des haies qui... Moi les haies elles poussent toutes en hauteur elles ne sont jamais fermées. Tout pousse en hauteur elles ne sont broyées que sur les côtés. Est-ce que cela amène, on sait que cela aide au niveau du vent pour les animaux ils sont bien contents d'avoir une haie pour les protéger. Mais, est-ce que au*

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

niveau de la biodiversité cela amène quelque chose? C'était le but de le savoir et puis surtout de le démontrer.". Ces appropriations et volontés de valorisation de l'OAB sont principalement normatives.

Néanmoins, l'exploitation des données s'avère généralement très difficile. A l'échelle locale les observations souffrent de plusieurs limites inhérentes aux sciences participatives : i) une identification sommaire des espèces ; ii) un respect des protocoles variable, en particulier sur les dates d'installation des protocoles et sur la régularité des observations ; iii) un échantillonnage non coordonné sur le territoire, au "bon vouloir" des agriculteur-rices, en fonction de ce qui les arrange sur leurs exploitations ou de leurs questionnements spécifiques, ce qui ne permet pas de contrôler les conditions environnementales autour des protocoles ; iv) un nombre de participants par réseau généralement encore trop faible pour obtenir une puissance statistique correcte. Ainsi, de nombreux animateur-rices ne se sentent pas à l'aise dans l'interprétation des données. Par exemple, la chargée de missions de la communauté de communes nous indiquait ensuite : *"L'interprétation n'est pas toujours facile à faire derrière en fait. Même si l'agriculteur nous donne les informations sur sa parcelle. [...] Je pense qu'au fil des années, avec le nombre d'années on arrivera à avoir quelque chose d'intéressant mais là avec les premières années c'est un peu difficile à interpréter."* De même, pour une conseillère d'une coopérative de production fruitière : *"J'ai malheureusement eu beaucoup de mal parce que je trouvais que les données n'étaient pas suffisamment fiables. J'ai envoyé à l'ensemble des producteurs quelques chiffres globaux, mais je n'ai pas creusé le sujet, je me serais sentie usurper les données en faisant cela. J'avais des trous à un moment, je ne pouvais pas faire de graphiques parce qu'il y a un mois où je n'avais pas eu l'info sur certains sites. C'était trop décousu pour sortir quelques choses de sérieux"* ; ou encore l'association naturaliste déjà citée plus haut : *"Mais après, moi même avec les résultats qu'on collectait je me suis dit mais comment est-ce qu'on peut interpréter cela? Quelles conclusions on peut en ressortir? C'est extrêmement compliqué. C'est quand même délicat. Du coup il y a eu très peu d'analyse, en tout cas on en a très peu fait [...] surtout qu'avec du recul, après c'est un programme participatif donc il faut que cela soit accessible, mais cela me paraissait extrêmement compliqué d'en tirer des conclusions. Les papillons éventuellement par rapport à la mosaïque d'habitats, la structuration des paysages pourquoi pas. Après tout ce qui est nichoir à pollinisateurs ou planche à invertébrés là cela me paraissait extrêmement compliqué d'analyser cela et de pouvoir en tirer une conclusion. Du moins avec le jeu de données que j'avais. Qui est très petit."* Enfin, le caractère multifactoriel de l'observation et de la présence de la biodiversité rend la production de "guides de pratiques" généraux très difficile à partir des données de l'OAB. Une conseillère d'une coopérative en grandes cultures nous a ainsi raconté : *"Je trouve que cela est compliqué parce que cela ne dépend pas de que l'agriculteur chez qui on place les nichoirs. Les études de papillons et d'abeilles c'est vraiment à l'échelle du paysage"*, qui en conséquence concluait que ce n'était pas le rôle du conseil de la coopérative de s'investir dans l'étude de taxons dépendants de facteurs "hors parcelle". Nous observions dans son cas que l'OAB ne s'intègre pas à la méthode de production de connaissances de la coopérative qui procède par

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

démonstration sur des essais sur des micro-parcelles : *"C'est trop difficile on ne peut pas. Nous quand on fait des essais on va faire des essais en micro-parcelle. Ou plus large mais globalement les essais qu'on fait c'est au sein d'une même parcelle donc avec une division qui est plus petite et donc du coup nous il faut quand on fait un suivi qu'on puisse comparer les modalités entre elles, les parcelles entre elles, donc faire un suivi abeilles ce n'est pas possible. Sur une même parcelle, entre deux modalités qui sont presque l'une à côté de l'autre. Sur du randomisé ce n'est pas possible, l'abeille elle ne s'arrête pas à la micro-parcelle. Cela n'a pas de sens"*. Comparant l'OAB à un protocole de pesée des ruches d'abeilles domestiques (afin de connaître les heures d'activités des abeilles domestiques et de traiter en fonction), elle expliquait qu'il fallait fournir des chiffres pour orienter directement les pratiques, ce que prodigue ce protocole par rapport à celui de l'OAB sur les abeilles solitaires.

Ces limites sont en partie levées à l'échelle nationale par l'accumulation de données (qui lisse d'éventuel biais locaux) et par le travail sur des indicateurs synthétiques. Néanmoins, ces indicateurs reposent sur des conventions classiques des outils de gestion qui limitent les effets réels des savoirs produits (MOISDON 2005) : i) l'assimilation de produits ou ressources différentes (exemple du mélange des céréales en grande culture); ii) l'usage de métonymies (associations d'idées), par exemple en considérant que le nombre de passage en produits représente l'intensivité d'usage de l'intrant; iii) enfin les conventions de calculs, par exemple en calculant une abondance totale d'espèce ou en construisant des variables synthétiques à partir d'analyses multivariées. En rassemblant de nombreuses variables pour les condenser, l'outil de gestion exclut la possibilité de retrouver les chaînes de causalité. L'appropriation de l'outil est principalement normative : il s'agit de vérifier la pertinence statistique des données récoltées et des méthodologies employées. Le tout afin de démontrer des relations qui ne paraissent néanmoins pas applicables directement dans l'action (BÉJEAN, KLETZ et MOISDON 2018). Nous avons aussi retrouvé cette difficulté opérationnelle, illustrée par exemple par la réaction de quelques agriculteur-rices à la présentation des résultats sur les tendances temporelles de la biodiversité : *"Cela dépend à qui cela est adressé. Pour nous agriculteurs il faudrait aller plus en profondeur dans l'analyse. Savoir quels facteurs influencent, d'une manière ou d'une autre. Après, pour le grand public je serais tenté de dire que c'est un peu rébarbatif quand on rentre dans le détail. Mais effectivement pour l'agriculteur cela serait sans doute plus intéressant d'avoir plus de données"*. De même, l'usage d'indicateurs "approximatifs" tels que le nombre de passage pour quantifier l'emploi de pesticides et de fertilisation fait l'objet de limite, comme souligné par un agriculteur concernant sa pratique de la fertilisation et suite à la présentation des tendances nationales : *"Alors c'est vrai que la tendance c'est intéressant, mais sur la fertilisation minérale par exemple je suis à 4 voire 5 mais je pense que j'ai beaucoup moins d'impact, l'idée de fractionner comme ça, c'était pour essayer d'avoir moins d'impact. L'idée c'était avec un échange qu'on avait eu avec quelqu'un qui a beaucoup travaillé sur l'agriculture de conservation où il relayait des études qui avaient été faites où on se rendait compte que plus on apportait des quantités importantes d'azote plus on bloquait le système et les bactéries qui peuvent*

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

travailler à la fourniture d'azote et qu'à l'inverse plus on diminue... ce n'est pas simple parce que quand on fait des tests on a des apports d'azote quasiment unique qui ont des meilleurs rendements, voire équivalents à des fractionnements. Donc ce n'est pas simple du tout, après il faut que les conditions météorologiques soient réunies. On voit bien que là en ce moment c'est compliqué, on a fait des apports d'azote au mois de février et finalement ce n'est pas aussi simple que ça. Et l'intérêt de fractionner c'est justement pour essayer d'avoir le moins possible d'impacts sur le cycle, d'apporter la fertilisation dans un temps plus cohérent avec le cycle de fonctionnement du vivant. Enfin c'est mon raisonnement. J'essaie d'apporter sur une période, j'ai un raisonnement fertilisation du sol et de fertilisation de la plante mais je dissocie aussi les deux et donc j'apporte sur beaucoup plus large dans la mesure de ce que je peux faire légalement, pour essayer de diminuer l'impact. Par contre je multiplie le nombre de passages et donc effectivement dans un système comme ça je pénalise".

De manière assez intéressante, cette approche normative est généralement relatée par des animateur·rices locaux plutôt que par des agriculteur·rices. Cela illustre probablement une différence de rapport au terrain et à la pratique. Les animateur·rices sont potentiellement déjà "un pas" à côté de la pratique, à la recherche de schémas plus généraux pour conseiller et devant être démontrés (pour légitimer le conseil). Nous garderons cependant cette idée sous forme d'hypothèse qu'il faudrait approfondir avec plus de données.

Cette volonté est aussi indirectement renforcée dans certains cas par les discours axés sur les services et fonctions de la biodiversité. Cette approche est souvent utilisée pour encourager la participation, comme le raconte une animatrice nationale : "*Après pour l'enseignement agricole l'entrée elle est toujours services écosystémiques et fonctionnels. J'adorerais faire autrement. Mais c'est vrai que moi aussi je prends cette entrée-là. Pour l'OAB. Mais c'est vraiment cette entrée-là qui fonctionne aussi.*"; ou un agriculteur appelant également à évaluer économiquement la biodiversité observée : "*Oui c'est toujours le résultat économique qui est le nerf de la guerre hein. C'est toujours, dans la sélection on fait toujours des essais en parcelles pour voir quel résultat économique est le plus intéressant. Telle espèce par rapport à telle espèce. Sur les pratiques culturales. Mais par contre on n'a aucune analyse sur la biodiversité à côté. En dehors de l'OAB. [...] Oui mais comme elle [la biodiversité] n'a pas de valeur. C'est ça le problème. Quand on parle de biodiversité cela n'a pas de valeur. Entre une valeur économique, une valeur sentimentale ou environnementale mais pas une valeur économique agricole. Si on voulait avoir une efficacité sur l'environnement il faut lui donner une valeur à cette action.*"

6.2.1.2 Premier aspect du paradoxe de performance : entre volonté normative locale et standardisation statistique

Cette situation, entre d'une part la volonté locale d'indicateurs et de guides pour les pratiques, et d'autre part, des protocoles et un déploiement de l'OAB pensés pour des

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

analyses à large échelle, nous l'interprétons comme un paradoxe de performance au niveau des participants.

Le fonctionnement de l'OAB doit satisfaire deux objectifs : fournir des données sur la biodiversité agricole, ce qui demande des protocoles standardisés et normés, déployés sur de grandes échelles spatiales et temporelles, mais aussi produire des connaissances locales ("sensibiliser") par la participation, ce qui nécessite de simplifier les protocoles et de laisser des marges d'utilisation sur le terrain. Adaptant cette première volonté à leur échelle, plusieurs réseaux locaux espèrent valoriser ces données par des analyses statistiques concernant les pratiques agricoles sur leur territoire. C'est en effet une manière de donner du sens à ces observations. Néanmoins, la mise en place de l'OAB, très dépendante des dynamiques de chaque réseau, n'incite pas à poser des questionnements précis afin d'adapter le déploiement des protocoles en fonction. Ceux-ci sont généralement réalisés selon les interrogations de chaque agriculteur-riche sur sa parcelle ou pour des questions de praticité (sur la parcelle accessible à pied par exemple). Il en résulte qu'à l'échelle du réseau, il n'est pas évident de répondre à ces deux volontés. Qui sont néanmoins interdépendantes : la production et l'analyse des données est l'objectif de départ de l'OAB justifiant son existence ; l'adaptation aux questionnements des agriculteur-rices est un gage de leur volonté de participation.

Un exemple rencontré est assez illustratif. Une fédération de chasse met en place l'OAB dans deux cadres différents. D'une part sur deux fermes membres d'un programme de lutte contre l'érosion et dans lesquelles de nombreux aménagements paysagers (haies, bandes enherbées, fleuris, etc.) ont été réalisés. Au-delà de tester l'efficacité de ces aménagements pour limiter l'érosion des sols lors des pluies, la fédération a également voulu observer le rôle de ces aménagements pour la biodiversité. Ainsi, elle réalise les protocoles de l'OAB en suivant un échantillonnage précis pour tester ce rôle, avec un protocole dans chaque aménagement mais aussi dans les parcelles voisines, pour comparer les résultats. Pour cela, les protocoles sont adaptés à la forme des aménagements. Par exemple les planches à invertébrés, au lieu d'être disposées en triangle, sont mises en ligne dans les bandes ou les haies qui sont linéaires. Nous pouvons parler d'une "émancipation scientifique" de ces participants, qui réalisent leur propre échantillonnage, investissent les moyens humains nécessaires pour réaliser une vingtaine de protocole sur chaque exploitation et adaptent les protocoles selon leurs besoins. C'est un (rare) exemple où la problématique locale est l'objectif principal, les protocoles de l'OAB devenant de simples outils malléables pour y répondre, sans préoccupations des enjeux nationaux. Mais à l'inverse, la même fédération anime un groupe d'agriculteur-rices en agriculture de conservation qui réalisent le protocole ver de terre. Ici leur objectif est essentiellement pédagogique, les observations sont un support de discussion entre les agriculteur-rices et de réflexivité sur leurs pratiques, à travers la comparaison des exploitations. La volonté ici est plutôt d'illustrer plutôt que de démontrer. Dans ces deux utilisations de l'OAB, la fédération a une gestion active du paradoxe par un ajustement, valorisant une face de l'OAB par rapport à l'autre en fonction du contexte. Par ailleurs, dans le cas de l'étude sur

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

l'érosion elle dépasse le cadre de l'OAB et la standardisation des protocoles pour totalement adapter l'outil à sa volonté.

6.2.2 Entre comparaison et contingence des savoirs

Ce paradoxe de performance présente un deuxième aspect, relativement similaire, qui s'observe plus particulièrement chez les agriculteur·rices participant·e·s et est également raconté par certains animateur·rices. Plusieurs agriculteur·rices cherchent à donner du sens à leurs observations, en particulier à travers des comparaisons, pour trouver des explications et identifier des pratiques favorables à la biodiversité. Si cette comparaison aide à mieux comprendre les mesures, elle se confronte à la contingence (forte dépendance aux particularités de chaque contexte) des observations de biodiversité, ainsi qu'au manque de données. En témoigne un agriculteur : *"Parce que moi j'attends de situer mes observations par rapport à mes collègues. Au niveau du département et y compris nationalement. Parce que je veux trouver des explications. L'année dernière on avait une explication avec la sécheresse c'était très particulier. Mais cela ne me satisfait pas. Parce que cette année on devrait avoir mieux. On a besoin, c'est l'impression que j'ai moi dans ce truc-là, on a besoin de comprendre, de se mesurer et de savoir ce que l'on peut améliorer. Est-ce qu'il faut s'inquiéter outre mesure pour certains insectes parce qu'il y a des cycles. On sait très bien qu'il y a des cycles liés au climat, aux maladies. Est-ce qu'il faut s'inquiéter outre mesure..."*. Ou encore une conseillère de chambre d'agriculture : *"Dès le départ ils nous ont dit "ouais c'est bien d'observer, d'être sensibilisé à cette observation. On observe mais on veut aller au-delà." En se disant ok j'ai plus de vers de terre chez mon voisin. J'en ai moins. Les pollinisateurs, les invertébrés. Pourquoi? Qu'est-ce qu'il faut je mette en place pour profiter, pour qu'il y ait un meilleur développement. Donc voilà c'est vraiment une attente des agriculteurs d'aller au-delà de la simple observation et de faire un lien avec leurs pratiques."*. De même, à l'échelle nationale la production de graphiques simplifiés pour aider les agriculteur·rices à se positionner nationalement pose question sur leur interprétation et leur utilisation, comme nous le racontait un membre de l'équipe nationale : *"Mais on est tiraillé dans l'OAB parce qu'on voudrait montrer aux agriculteurs des schémas simples qui les mettent dans un cadre de comparaison et c'est un peu ce qu'on avait essayé de faire. Mais je me rappelle d'une très très belle réunion avec des têtes de réseaux d'animateurs locaux, donc il y avait les CIVAM et autres et ils n'étaient pas hyper fans de ces graphiques. Ils disaient : attention, on va faire dire n'importe quoi à ces graphiques. Le seul truc qui soit un peu sérieux à ce stade c'est l'évolution de la biodiversité sur une parcelle dans le temps"*.

Ainsi, nous observons un deuxième aspect de ce paradoxe de performance dans la production de connaissance : le besoin de généralisation en dialogue avec l'irréductible contingence des savoirs sur la biodiversité et les liens avec les pratiques. Les agriculteur·rices et animateur·rices ont besoin de références et de comparaisons pour construire une interprétation de leurs observations tout en reconnaissant, généralement en même temps, la singularité de chaque système. Un échange avec un

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

agriculteur au sujet des résultats de l'OAB illustre cela, celui-ci mettant en avant le besoin de grande précision lors des analyses (et donc si on prolonge le raisonnement la quasi-unicité de son système) : *"Je pense que maintenant il faut trouver des résultats, des chiffres. Il y a eu le temps d'installation. C'est très bien mais maintenant il faut rentrer plus dans le détail. [...] Quand on veut rentrer dans l'analytique, d'abord il faut retrouver toujours les mêmes zones, avec des points étalons. Et avoir un panel, on ne peut pas mélanger les choux et les carottes. Il faut bien identifier les systèmes. Et à l'intérieur de ces systèmes-là il y a les systèmes labours, semis direct, mulch. Et c'est là qu'il est intéressant, il est vrai pour vraiment comparer les choses faut qu'on soit sur les mêmes typologies de sol. Les sols de Sologne durs hydromorphes ou les sols du Val d'Allier sains irrigués, on peut tout comparer, tout et rien. Donc il faut rester hyper prudent quand on fait, on manipule les chiffres. Et dans le maïs grain est-ce qu'on est en maïs sec, un maïs en pluviométrie qui pousse en fonction de la nature donc c'est hyper aléatoire, ou en maïs irrigué où l'objectif de rendement est toujours obtenu. Vous voyez les grandes nuances ?".* Une conseillère de chambre d'agriculture exprime aussi cette difficulté de valorisation à travers la simple comparaison : *"Après c'est de la simple observation et de la comparaison par rapport au niveau national. C'est toujours cette question de rattacher cela aux pratiques. Et cela on ne le fait pas. Est-ce que le fait d'avoir fait 2-3 traitements a eu un impact. C'est ça les gars qu'ils aimeraient pouvoir toucher du doigt".*

À l'échelle nationale, il y a finalement une séparation des tâches, et donc du paradoxe, plus facile entre l'équipe de recherche et d'animation. L'exploitation des données à des fins d'études est principalement réalisée par la recherche (partie II). Ainsi, l'OAB est essentiellement présenté par l'animation nationale comme un outil pour les participants et non pour l'échelle nationale. Cela se voit dans la posture d'une animatrice vis-à-vis des participants : *"Ils me demandent toujours : 'Il faut mettre combien de parcelles ? Il faut mettre combien de protocoles en place ?' En gros, ils s'attendent à ce qu'on leur dise : 'Il faut mettre au moins un protocole pendant au moins, machin et tout.' Du coup, ce que j'essaie de leur dire, mon approche, c'est de leur dire que c'est un outil qui est mis à leur disposition, l'OAB, que ça a du sens si ils le mettent en place en l'adaptant à leur contexte, et que du coup ils sont libres du nombre de parcelles, du nombre d'exploitations, du nombre d'agriculteurs qu'ils accompagnent, du nombre de protocoles, et qu'il y a une énorme souplesse là-dessus, et que nous, toutes les participations sont bonnes à prendre, et qu'ils peuvent commencer par en mettre deux en place, puis après augmenter le nombre de grilles, le temps de trouver des fonctionnements. J'essaie de vraiment leur rappeler que c'est souple, la participation, et de les pousser à s'en saisir vraiment comme un outil, j'en parle toujours comme d'un outil pour eux".*

Néanmoins, le besoin de données fait également partie des objectifs de l'OAB et cela se ressent dans certains discours. Par exemple, dans la difficulté face aux lycées agricoles qui ne renvoient pas les données d'observations, les protocoles étant surtout support de cours, ce que raconte une animatrice : *"Oui ça je pense qu'ils le font. Ils le font beaucoup de faire les protocoles sans envoyer les données. C'est cela le souci. Je ne vais pas leur dire de faire cela justement".* De même, retraçant l'histoire du

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

programme, une autre animatrice explique le projet des "sites fixes". Ils devaient mettre en place les protocoles de manière plus rigoureuse pour fournir des données de recherche, projet abandonné par manque de temps d'animation : "*On appelait cela des sites fixes et ce n'était pas spécifique des lycées agricoles. On pensait aussi plus aux stations expérimentales et aux fermes de démonstration. Et donc, au départ l'idée de site fixe c'était de mettre en place des protocoles un peu plus poussés, ou au moins des plans d'échantillonnages plus importants pour avoir dans le jeu de données une grande variation dans les données et pouvoir aller plus loin dans l'analyse. Donc c'était d'avoir un plan d'échantillonnage plus important sur ces sites là et que ce soient des sites qui diffusent localement. Au final on n'a pas eu les financements pour pérenniser l'animation de ces sites. Or une des conclusions c'était que moi, en tant qu'animatrice nationale, je ne pouvais pas en plus faire l'animation de ces sites.*". Bien qu'abandonné faute de moyens, ce projet révèle bien l'objectif de production de données rigoureuses et de qualité pour la recherche sur les liens pratiques-biodiversité et l'envie d'aller au-delà des observations "classiques". Enfin, ces données restent constamment questionnées par la pratique et les interrogations des participants lors de la mise en place des protocoles, ce que relate une animatrice : "*Par exemple, ce matin ils m'ont dit : "Est-ce qu'on met en place le protocole vers de terre? Est-ce que ça a du sens de le faire sur une parcelle où il y avait du lisier il y a deux semaines? Est-ce que je le place plutôt dans le rang ou dans l'inter-rang?" Des questions techniques auxquelles je n'ai pas d'ailleurs tout le temps la réponse. Du coup, pas mal de trucs de terrain que je n'imagine pas, et auxquels je n'ai pas forcément la réponse. [...] Par contre, je trouve ça intéressant, ça montre toute l'observation de terrain qu'on n'a pas. Les questionnements qu'on n'imagine pas, que je n'imagine pas, et qui peuvent avoir des influences, et d'ailleurs qu'on ne capte pas forcément avec une case libre dans le questionnaire, qui pourrait montrer qu'ils peuvent exprimer ça.*".

En conclusion, nos observations ont révélé que de nombreux participants se sont appropriés l'OAB de façon normative, en voulant élaborer un savoir opérationnel à l'échelle locale en capacité de sélectionner sur leur territoire les pratiques favorables à la biodiversité. Cependant, cela s'avère difficile à partir des données de l'OAB, standardisées et produites dans une optique d'analyse plus globale. Ce paradoxe de performance prend alors deux formes (figure 6.3-A3). Nous l'avons détecté d'une part dans la contradiction entre la volonté d'un savoir local formel, démontré statistiquement, et la faible rigueur des échantillonnages et des protocoles, ceux-ci ayant été créés pour être facilement pris en main localement (mais donc imprécis) tout en produisant des données aisément agrégées et permettant des analyses à larges échelles. D'autre part, certains participants reconnaissent l'imprécision des protocoles et l'impossibilité de produire une démonstration statistique formelle à leur échelle. Cependant, ils espèrent tout de même produire un savoir normatif indiquant les meilleures pratiques en comparant les différents participants localement. Cette volonté se heurte toutefois à la contingence des observations et à l'unicité de chaque exploitation. Les deux modes de production de ce savoir normatif, étude statistique et comparaison des cas, sont donc au final difficilement satisfaits. Enfin, ces volontés

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

normatives ne sont pas satisfaites non plus par les outils nationaux de comparaison (figure 6.3-A2) ni par les études nationales produites par la recherche (figure 6.3-A1).

6.3 Participer à une étude nationale tout en donnant du sens localement : paradoxe identitaire et d'organisant

Nos premiers résultats se focalisent au niveau des individus, agriculteur·rices ou animateur·rices de réseaux. Mais, si le paradoxe de performance est classiquement situé à l'échelle individuelle, il est en relation avec des paradoxes à d'autres niveaux (JARZABKOWSKI, LÉ et VAN DE VEN 2013).

Ainsi, il existe un risque de démobilitation² des participants face aux frustrations que peut entraîner la recherche de sens des observations, Un paradoxe identitaire (entre plusieurs groupes) reste sous-jacent entre participants locaux et nationaux (figure 6.3-B), qui ont chacun besoin des autres (localement pour l'aide à l'interprétation et la gestion de la base de données, nationalement pour la réalisation des protocoles) mais peuvent avoir des objectifs et des réalités différentes. Comme l'exprime un conseiller de chambre d'agriculture : *"Le risque c'est si on n'arrive pas à se nourrir des résultats qui sortent. Et j'ai envie de dire, globalement, il y a la démarche de réseau qui est valable pour l'OAB comme pour le reste. [...] On est favorable car cela contribue à alimenter la curiosité des agriculteurs, cela fait du réseau, on peut proposer des actions. Par contre la motivation cela s'alimente, perdure dans le temps et s'élargit si la base sent une réelle réciprocité. Par exemple, on a participé à d'autres inventaires participatifs [...] on a dit oui car on s'est dit que cela pourrait intéresser les agriculteurs mais on leur a dit à une condition, c'est qu'il y ait une réciprocité et que les agriculteurs ne soient pas que contributeurs mais qu'ils soient aussi destinataires des analyses que vous faites"*.

Par ailleurs, cela résonne avec l'opposition potentielle entre les objectifs de l'OAB (indicateurs nationaux et sensibilisation), c'est-à-dire un paradoxe à l'échelle de l'organisation, "d'organisant" (figure 6.3-C). La volonté de données standardisées afin de produire des indicateurs demande de mettre en place des protocoles normés. Ce fut d'ailleurs l'origine des protocoles des sciences participatives, ce que nous explique une animatrice nationale : *"Donc, en fait on a sorti quand même une liste de préconisation pour construire des indicateurs, au moins des chiffres qui pourraient aider le ministère à suivre l'évolution de cette biodiversité en milieu agricole, en disant bah en fait il nous manque pas mal de données et notamment des données de biodiversité ou le lien entre biodiversité et pratiques. Donc on a fait une proposition au ministère"*

2. En effet, le taux de renouvellement des participants dans l'OAB est très important, avec à peine 10-15% environ des parcelles qui ont fait l'objet d'au moins un protocole pendant trois ans de suite entre 2011 et 2017. Le taux de nouveaux participants est par contre assez constant et compris entre 300 et 350 nouvelles parcelles inscrites. Ce qui explique que le nombre total de participants augmente légèrement. Nous n'avons cependant pas établi clairement des causes expliquant ces tendances.

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

de lancer un observatoire participatif, fort de Vigie-nature qui commençait à bien prendre de l'essor, notamment dans les jardins avec papillons des jardins. Donc on s'est dit pourquoi pas lancer l'équivalent avec les agriculteurs, pour pouvoir récolter à la fois des données de biodiversité et des données de pratiques. Et donc on a proposé cela au Ministère qui était assez favorable et donc la deuxième année on a lancé une phase de test. Avec des territoires pilotes et des propositions de protocoles." Avec un travail important sur la rigueur scientifique des données pour l'exploitation derrière, les protocoles s'inspirent ainsi d'études scientifiques et du retour d'expérience des chercheurs. Par exemple sur la question de l'unité de mesure : "Déjà tu vois, avoir ces données d'abondances c'était important. Parce que tu as certains programmes où tu as juste des données qualitatives mais pas quantitatives. Et cela c'est vraiment les connaissances du labo et de Vigie-Nature qui nous ont incités à prendre des données d'abondance, parce que cela n'était pas gagné au départ. Il y en a qui disait dite juste si telle ou telle espèce est présente. Mais c'était vraiment important pour les scientifiques d'avoir des données d'abondance." Mais, ce marqueur de rigueur scientifique est important également pour les participants locaux, car vecteur de confiance dans les protocoles. Deux agriculteurs nous exprimaient ainsi : "Et c'est là qu'on a su qu'il y avait une action chapeauté par le Muséum, avec des choses qui nous ont paru sérieuses dans l'histoire des protocoles"; "l'OAB fait un modèle d'analyse, d'étude qui est présenté par le Muséum d'Histoire naturelle pour avoir un contrôle local. On a dit bah ça c'est la première action à faire, cela ne nous coûte pas grand-chose. Et puis on va aller sur le terrain, il y aura un retour d'études, de statistiques, de plein de choses que l'on pourra faire. Et là-dessus on a utilisé l'OAB pour avoir leurs protocoles. Enfin ce n'est pas utiliser, mais rendre service à l'OAB pour faire des prélèvements. Pour faire les comptages de vers de terre, les pièges à papillons et autre actions. Et c'est une méthode simple, on peut dire. Mais c'est une méthode qui est reconnue partout et fait partout de la même manière." Mais ces normes peuvent aussi freiner l'exploration d'autres composantes de la biodiversité sur les parcelles. Par exemple, plusieurs animateur·rices nous racontent comment les agriculteur·rices réalisant l'OAB envoient de nombreuses photos d'observations d'espèces non comptabilisées dans l'OAB, comme des chenilles, oiseaux, plantes, etc., afin d'avoir une identification et sortant donc du cadre de l'OAB.

L'animation est bien consciente de cette tension locale/nationale inhérente à tout programme déployé sur plusieurs échelles. L'intérêt de l'exprimer sous forme de paradoxe est de reconnaître l'existence de cette contradiction entre national et local, mais surtout d'avoir conscience de l'interdépendance de ces éléments et de la persistance de cette tension, qui sera toujours sous-jacente. Il s'agit alors d'apprendre à la gérer. C'est justement ce qu'essaye l'animation nationale. Elle réduit cet écart en proposant des moments d'échanges (journée de rencontre, newsletter, webinaire) et en présentant les processus et résultats de la recherche. Ma démarche de recherche s'inscrit finalement aussi dans cette volonté. Ces moments d'échanges sont d'une part des moyens de "faire un retour aux participants", de montrer la pertinence du programme à l'échelle nationale, donc de lui redonner de la légitimité. Mais c'est aussi l'occasion de rechercher ensemble des voies de valorisation et d'utilisations nouvelles

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

des données, des moyens de comprendre les problématiques de chacun et donc se rapprocher cognitivement.

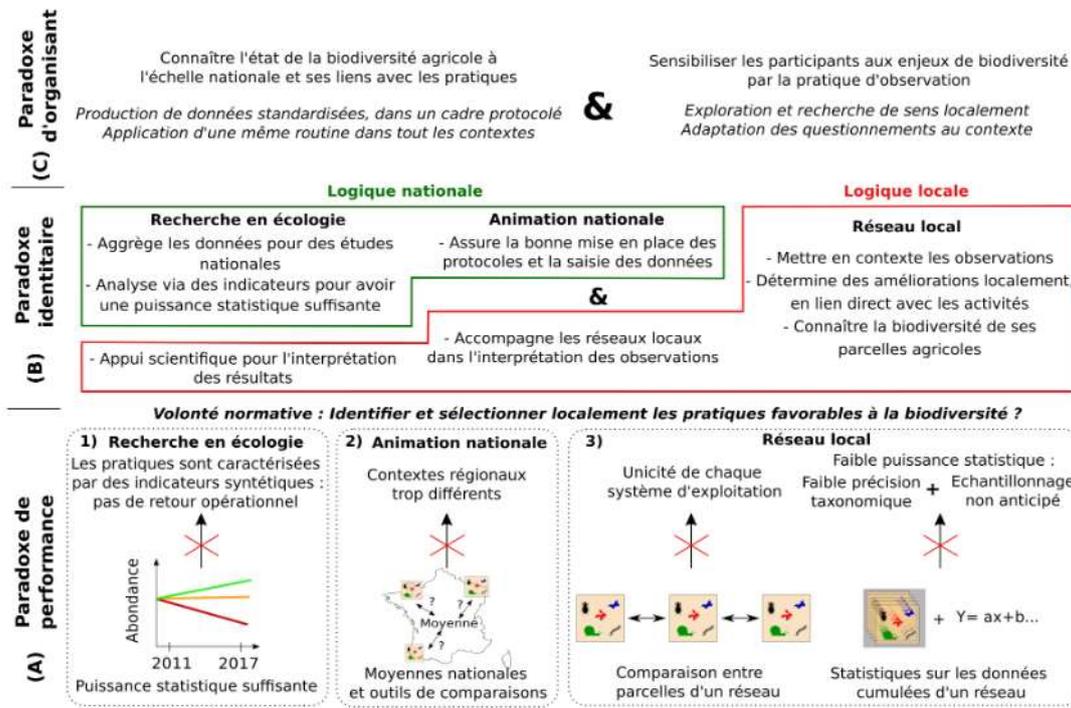


FIGURE 6.3. – Différentes échelles des paradoxes observés à partir de la volonté de valorisation des données. A) Paradoxe de performance à l'échelle des réseaux locaux et selon les acteurs B) Paradoxe identitaire entre les structures à l'échelle nationale et les réseaux locaux C) Paradoxe d'organisant entre deux objectifs entraînant des dynamiques contradictoires

Ainsi, le paradoxe de performance décrit précédemment se fait aussi ressentir dans les échanges entre les structures participantes, en particulier entre l'animation nationale et le reste des participants. Nous avons identifié un paradoxe identitaire entre l'animation nationale et les réseaux locaux, ce qui n'est pas étonnant pour un programme travaillant sur plusieurs échelles. L'important reste de reconnaître cette situation et de la gérer. Enfin, ces paradoxes proviennent sûrement plus généralement de l'opposition potentielle entre les deux objectifs de l'OAB, production de données scientifiques et sensibilisation, à l'origine d'un paradoxe d'organisant. Ces constats permettent de poser un regard nouveau sur le fonctionnement théorique de l'OAB (figure 6.4a), révélant des espaces de difficultés issus des usages et volontés des participants (figure 6.4b). Néanmoins, au-delà ces appropriations normatives de l'OAB et des paradoxes qui en découlent, nous avons également observé d'autres appropriations (figure 6.4c), susceptibles d'alimenter l'intérêt et l'attrait du programme malgré certaines frustrations.

6.4 Au-delà de la démonstration : un outil de réflexion sur la biodiversité et un vecteur de lien social

6.4.1 Un outil d'animation plutôt que de rationalisation

Certains réseaux ont minimisé le paradoxe de performance grâce à une approche fondamentalement basée sur l'animation et la découverte de la biodiversité plutôt que sur la volonté de démontrer des liens entre pratiques et biodiversité. L'accent est mis sur la découverte de la biodiversité. Les comparaisons sont organisées par l'animateur-riche à travers des discussions de groupes. Par exemple, une conseillère d'une coopérative animant un groupe DEPHY³, nous explique qu'elle oriente l'emplacement des protocoles OAB sur les exploitations afin de favoriser des différences et de susciter les échanges entre agriculteur-riche : *"Ah oui carrément. Après on les cherchait un peu les différences. Ce n'est pas qu'on les cherchait mais on savait très bien. On mettait des parcelles volontairement dans des endroits où on savait que c'était des champs au milieu de dizaines d'hectares de maïs, que ce n'était que du maïs. Et d'autres à des endroits plus variés, où la richesse était presque connue. Mais cela permettait de renforcer le trait. [...] Je m'en servais plus en appui pour amener une certaine ouverture et amener la discussion entre différents sujets. [...] C'est un ensemble de mettre en place les protocoles, faire des essais sur les couverts, c'est toute l'animation collective et le fait de les réunir, faire de l'échange avec les agriculteurs, qu'ils discutent entre eux. Cela ouvre d'autres visions, d'autres façons de travailler. Et les protocoles de l'OAB cela permet d'avoir des petits outils qui permettent de les accompagner."* Elle ne cherche donc pas à trouver une vérité, à démontrer l'efficacité de certaines pratiques face à d'autres, mais plutôt à susciter la réflexion et la discussion. Cette démarche pédagogique se retrouve aussi parmi certains enseignants de lycée agricole, ce que nous décrit une animatrice nationale : *"Mais il y a quelques profs qui font des études comparatives, souvent pour le protocole ver de terre, ils font le protocole sur une prairie et à côté sur un champ de céréales. J'ai un prof qui fait cela chaque année et cela permet de comparer un peu les situations. D'ailleurs, je ne sais pas trop ce qu'il en fait ensuite. Il n'envoie pas les données d'ailleurs. Mais il y a vraiment ce travail de comparaison qui est fait. Après, les directeurs d'exploitations quand ils sont impliqués dans le projet, eux cela les intéresse quand même. De savoir ce qui va ressortir de tout cela, si vraiment il y a un impact des pratiques sur la biodiversité."*

Similairement, une fédération de chasse qui met en place les protocoles sur les abeilles solitaires afin de tester l'effet de l'implantation de jachères fleuries exprime qu'elle n'a pas l'ambition d'un recul statistique robuste, mais qu'à son échelle elle teste et essaye de comprendre les différentes situations : *"Il nous faudrait énormément de données comme vous vous le faites pour arriver à avoir des statistiques cumulables quoi. Mais bon on a quand même...Après, il ne faut pas faire énormément de généralités, mais*

3. Réseau de fermes créé dans le cadre du plan Ecophyto (réduction de l'utilisation de pesticides) pour tester puis déployer des techniques de réduction d'usage des produits phytosanitaires.

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

souvent on voit que la première année il n'y a pas grand-chose, la seconde année soit le nichoir est colonisé un peu plus tôt dans la saison, après faut voir avec les conditions climatiques aussi. [...] L'an dernier on a fait exprès de poser le nichoir avant le semis. Il y avait quelques alvéoles de remplies. Donc on se dit qu'il y a quand même des abeilles même quand on ne fait pas nos aménagements. Par contre, cette année la jachère était ultra fleurie et le sainfoin a explosé et il y a un nichoir sur les deux qui était plein. Donc bon on se dit que c'est quand même utile. Après voilà on a certains endroits où non ne comprend pas trop." Un agriculteur nous explique aussi que les relevés vers de terre réalisés lui permettent de confirmer des pratiques et de se rassurer sur la santé de son sol : " Bah les vers de terre je suis assez satisfait du résultat puisque, enfin, on a une prise de conscience que les vers de terre c'est pas une fin en soi mais c'est un peu le reflet de la bonne santé d'un sol. C'est à dire que si on a des vers de terre c'est un sol qui fonctionne bien. C'est la partie visible. Parce qu'il y a tout un tas d'autres de micro-organismes, de bactéries qui font vivre le sol mais qu'on ne voit pas à l'œil nu. Donc c'est un peu le reflet immédiat. Et donc jusqu'à maintenant dans la parcelle testée les résultats sont très bons. Donc cela valide un peu la pratique qui est effectuée."

Généralement, ces animateur·rices reconnaissent la contingence de ces savoirs et préviennent les agriculteur·rices qu'il n'y aura pas de recette toute faite, qu'ils/elles ne peuvent garantir des résultats. Ainsi, un conseiller de chambre d'agriculture expliquait au sujet des observations de l'OAB : " *L'idée par ces observations c'est de matérialiser d'avantage ces liens. Bah tu vois on observe telle espèce et quand on regarde son écologie elle est liée à tel type d'habitat. On n'est pas dans de l'étude formelle, de la démonstration scientifique. Plutôt de la logique de démonstration et de caractérisation sommaire des liens entre habitats et espèce*". Ce qui n'empêche pas néanmoins d'avoir besoin d'interpréter les observations et d'essayer de faire des liens avec les pratiques : " *Quand je dis interpréter je crois que les agriculteurs comprennent bien que tout d'un coup ils n'y aient pas de chiffres facilement exploitables au niveau de la ferme. Au niveau de la biodiversité c'est toujours comme cela, sur les approches de diagnostic et conseil, on leur dit bien aux agriculteurs que si tu plantes une haie ou un découpage parcellaire, une bande fleurie ou une bande enherbée, on connaît globalement le mécanisme et d'ailleurs l'OAB contribue à la compréhension de ce mécanisme. Si tu mets un habitat tu vas favoriser la richesse spécifique sur un certain nombre de groupe. Par contre je suis incapable de donner le nombres d'auxiliaires qui vont venir et quels services ils vont faire. On n'accède pas aujourd'hui au service rendu et à sa qualification et quantification. Donc moi globalement les agriculteurs qu'on accompagne ils le comprennent, pédagogiquement on arrive à leur faire comprendre. Donc sur le lien habitats espèces et sur ce que dit l'OAB à l'échelle individuelle je pense qu'ils peuvent entendre et comprendre que cela ne soit pas facile à interpréter."*

Nous touchons là un élément central, cette interprétation locale des observations mobilise très souvent un *savoir naturaliste* précis sur les espèces observées. Nous aurons par ailleurs l'occasion de revenir plus en détail sur ce savoir et la relation développée avec la biodiversité dans le chapitre 7.

6.4.2 Une source de légitimité socio-politique importante et un vecteur de relations interculturelles entre les mondes professionnels agricole et naturaliste

Au-delà des questionnements pour relier les pratiques agricoles à la présence de la biodiversité, nous avons observé d'autres usages de l'OAB. Premièrement, le programme a un rôle socio-politique important. Pour de nombreux participants l'OAB est utilisé pour valoriser le travail sur les exploitations et montrer leur engagement pour la biodiversité auprès d'autres acteurs. Les agriculteur-rices de l'Allier regroupé.e-s dans une association de défense de l'environnement expliquent que l'image de l'OAB est importante dans leur engagement : *" Pour nous, pour l'association, c'est une image de qualité de travailler avec l'OAB. Parce que c'est une reconnaissance nationale, ce n'est pas n'importe qui. C'est une méthode, un outil qu'on utilise qui nous permet de nous valoriser"*. De même pour une coopérative fruitière, qui promeut l'OAB dans sa stratégie RSE : *" L'objectif à la base c'était de faire le geste de rentrer dans un truc un peu lié à l'observation de l'environnement. De se dire, j'observe mon environnement, j'observe pour voir ce qui a autour de chez moi. C'est tout. C'était un tout petit pas facile, un geste. Le premier objectif c'était quand même cela. [...] Donc il y avait un objectif lié à l'image. On l'a mis en avant dans les communications internes beaucoup. Et on a dû le mettre en avant quelques fois dans certaines discussions en externe, des interviews avec des journalistes sur le développement durable sur ce qu'on fait pour l'environnement. Effectivement je citais l'OAB. Mais voilà c'est un petit truc de plus parmi les autres arguments que je pouvais avoir. [...] on est devenu un peu plus proactif et on a essayé de mettre en place des actions et des sensibilisations. échanger avec d'autres référents RSE, monter des groupes de travail sur des thèmes qui nous importent comme la gestion des déchets, le bien-être au travail, la biodiversité. Des thèmes très variés, cela se construit petit à petit. La biodiversité est un de nos axes, ce qui est logique quand même dans une entreprise qui fait des fruits. Voilà dans le milieu agricole c'est logique la biodiversité comme axe de développement."* ; ou une autre coopérative et certains agriculteur-rices qui revalorisent leurs observations pour répondre aux cahiers des charges de clients de l'agro-alimentaire qui demandent un engagement pour l'environnement : *" Il y a plusieurs entreprises, qui sont des clients pour la coop et qui mettent en place un cahier des charges de production où les enjeux de biodiversité ressortent de plus en plus. Ils veulent qu'on fasse des actions mais on est assez libre dans le choix de ce qu'on fait. Et du coup on en profitait pour valoriser les suivis qu'on faisait dans les protocoles de l'OAB."*. L'OAB est donc également un vecteur de légitimité pour la structure, quelle que soit l'utilisation des données. En effet, une animatrice nationale expose aussi le rôle très social que peuvent avoir des indicateurs, même imparfaits, pour servir d'arguments et légitimer les efforts pour la biodiversité à des partenaires quelques fois méfiants : *" Après l'indicateur, d'un point de vue stricto scientifique ok il est faux mais la biodiversité c'est aussi du vivant, est-ce qu'on ne peut pas aussi avoir des indicateurs approximatifs mais qui permettent d'orienter la réflexion, les pratiques à mettre en place. Moi je pense qu'à partir du moment où tu connais les biais de ton indicateur, où*

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

tu en as conscience, ce n'est pas gênant de travailler avec. Moi l'intérêt que j'y vois c'est d'abord pour convaincre. On est quand même dans un monde ultra cartésien donc c'est ultra difficile de se détacher, on est beaucoup à chercher des preuves pures et dures sauf qu'en biodiversité c'est difficile de chiffrer. Et donc l'avantage d'avoir un indicateur de suivi de la biodiversité, comme le nombre de carabes sous la planche, et bah mine de rien cela peut convaincre. Si tu mets en place, le protocole invertébrés de l'OAB, à une année n où tu as telle pratique. Après tu réduits tes pratiques, je ne sais plus ce qu'ils font dans Ecophyto, 20% je crois, et puis tu vas faire cela sur trois, quatre, cinq ans. La logique voudrait que tu retrouves plus de carabes sous tes planches. Pour moi c'est un indicateur qui scientifiquement n'est pas bien ficelé parce qu'il y a tout un tas de biais mais quand même la tendance elle est quand même à une augmentation des carabes sous les planches et cela est arrivé quand j'ai changé mes pratiques. Tu en as toujours pour te dire oui mais il s'est aussi passé ça et n'empêche que cela lance la discussion, tu as toujours les extrêmes qui parlent mais aussi ceux qui ne disent rien mais sont convaincus. Ah ouais en fait...". Nous avons bien dans cet exemple la mobilisation de l'acte de mesure pour légitimer certaines pratiques (ici la prise en compte de la biodiversité) dans le champ professionnel (DÉJEAN, GOND et LECA 2004).

Par ailleurs, il s'avère que l'OAB a aussi la particularité d'appartenir à deux mondes culturels différents, celui de l'agriculture et celui des naturalistes. Deux champs qui peuvent être parfois en conflit. En promouvant l'observation de la biodiversité en milieu agricole et par les professionnels du secteur, l'OAB entraîne aussi des échanges entre ces deux milieux. A l'échelle locale, nous avons pu constater plusieurs cas où certains protocoles sont animés par un conseiller agricole mais se font en partenariat avec une association naturaliste (comme les Conservatoires d'Espaces Naturels), en particulier le protocole papillon qui demande plus de connaissances naturalistes. Un agriculteur le raconte : *"J'avais fait un comptage papillons il y a deux ans on avait pris quelqu'un du CEN Allier, du conservatoire des sites parce qu'ils ont des personnes qui ont des vraies compétences scientifiques. Ils avaient fait un comptage papillons chez moi. J'ai assisté pour voir comment qu'on fait. C'est marrant parce qu'on a tendance à regarder les papillons, c'est la curiosité. Oui cela intéresse."* De même, l'OAB s'inscrit très bien dans le cadre des atlas de la biodiversité régulièrement réalisés dans les communautés de communes rurales et qui mobilisent les agriculteur-rices : *"Puisqu'en tant qu'élus on a fait un atlas de la biodiversité. Et c'est à cette occasion que j'ai rencontré les membres du réseau OAB, sinon avant je ne les connaissais pas spécialement. Et donc ils m'ont demandé si en tant qu'agriculteur j'étais intéressé pour mettre en place un petit visuel sur la biodiversité"* ; *"L'an dernier, on a fait avec l'atlas de biodiversité de Erdre-en-Anjou, on a regroupé un petit groupe d'agriculteurs qui se sentaient motivés justement avec le réseau puis on a fait une formation. On a fait les comptages"*. Ces échanges favorisent aussi de futurs partenariats avec des associations ou la recherche, par exemple pour l'association d'agriculteur-rices de l'Allier : *"Et notamment on est rentré en contact avec une association qui s'appelle le LIT, Laboratoire d'Innovation Technologique, le living-lab de... bon c'est des termes américains. Et par le biais de ces organisations on a été mis en relation avec un informaticien qui travaille les statistiques."*

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

[...] Vis-à-vis du laboratoire, du LIT cela a été retenu, notre action a été retenue grâce à cette action environnementale là. D'ailleurs j'étais à l'assemblée générale du LIT il y avait de grandes pancartes sur l'OAB. Et nous par le biais du LIT cela nous a permis de toucher une aide. Ils nous ont donné six mille euros quand même, sur trois ans. Alors cela nous a permis d'avoir des stagiaires, d'embaucher quelqu'un en temporaire." L'OAB permet ainsi d'introduire plus facilement la biodiversité dans les discussions sur l'agriculture, ce que nous raconte une animatrice nationale : "Et l'OAB a toujours eu un accueil plutôt favorable. Parler de biodiversité agricole en milieu agricole c'est pas toujours évident et il se trouve que c'était quand même un bon moyen. Les acteurs que je rencontrais me disait que la biodiversité on a du mal à en parler mais avec l'OAB cela passe mieux."

A l'échelle nationale également l'OAB est vecteur de relations interculturelles. D'une part à travers la multitude d'interactions avec des acteurs différents comme l'explique une animatrice : *"Mais c'est marrant, ce programme, il y a des moments, des semaines où j'ai plein de gens qui me contactent de plein d'endroits différents, et j'ai vraiment l'impression d'être à l'intersection de plein de mondes. Comme je disais, il y a les chasseurs, les naturalistes, tout le côté agronomie, les filières, les filières qui entre elles ne communiquent pas, etc."* Mais aussi dans les relations institutionnelles. Un animateur nationale nous raconte comment les observations réalisées dans le cadre de l'OAB lui ont permis d'être invité (et accepté) dans les discussions relatives aux plans nationaux d'action (PNA) sur les papillons de jour et sur les chiroptères (chauve-souris), malgré les *a priori* existants entre les naturalistes et personnels du ministère de l'environnement et les fonctionnaires du ministère de l'agriculture (en charge de l'OAB) : *"On est allé présenter l'OAB [...] dans un comité de pilotage du PNA papillons. Parce que c'était une session totalement magnifique en terme d'interculture. Parce qu'on avait face à nous une cinquantaine de personnes qui étaient toutes des naturalistes. Personnes n'avaient aucune compétence en agriculture. Et nous on arrivait [...] pour présenter un dispositif du ministère de l'Agriculture. [...] Et ils étaient étonnés que des représentants de ce qu'on voit de loin comme de grands méchants loups, ils parlaient d'un dispositif qui permettait de s'intéresser à la biodiversité. Whaah les mecs ils ouvraient les grands yeux. Non seulement ils ne nous ont pas rejetés mais ils nous ont accueillis à bras ouverts"*. Ce partenariat a ainsi abouti sur un travail commun sur les actions des PNA concernant les écosystèmes agricoles. L'OAB est ainsi mobilisé institutionnellement, avec par exemple des objectifs de participation inscrits dans le plan biodiversité du ministère de la Transition écologique et solidaire et à travers les relations du ministère de l'agriculture avec les acteurs naturalistes, comme la Ligue de Protection des Oiseaux, et agricoles, tels que la FNSEA ou plusieurs coopératives agricoles.

Ces appropriations de l'OAB démontrent l'existence d'autres usages de l'OAB (résumés dans la figure 6.4c), parfois parallèlement à la volonté de savoir normatif déjà décrite. Ils entraînent des apprentissages différents, sont des moteurs importants de la participation à l'OAB et sont susceptibles de fournir des pistes de gestion des paradoxes en ouvrant d'autres voies de valorisation des observations. Ainsi, nous

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

avons observé plusieurs modes de gestion des paradoxes. Dans les réseaux où les protocoles ne permettent pas de répondre aux volontés de valorisation plus normatives des données, nous constatons généralement une myopie organisationnelle initiale qui ne permet pas de voir le décalage entre les objectifs et la réalisation des protocoles, suivie d'une "déviation", le paradoxe n'étant pas géré mais la motivation gardée par d'autres usages, socio-politique par exemple. A l'inverse, dans les cas où la difficulté pour créer un lien entre les observations et les pratiques est reconnue, les approches sont plus créatives. Plusieurs espaces de confrontation des résultats de la recherche avec le terrain se mettent en place, par exemple à travers un séminaire ou dans notre démarche de présentation des résultats lors des entretiens. Par ailleurs, si historiquement les deux objectifs de l'OAB pouvaient paraître séparés, l'animation nationale tend à reconnaître les deux pôles et à faire des liens entre eux, par exemple en développant des outils d'analyse ou en adaptant les bilans nationaux.

6.5 Mobiliser les sciences de gestion pour décrire les rationalisations sous-jacentes au fonctionnement d'un programme de science participative

A travers nos résultats nous avons décrit les différentes appropriations de l'OAB par les participants, mais aussi les paradoxes qui peuvent en émerger. Ces constats dévoilent le fonctionnement de l'OAB et ses dynamiques organisationnelles. Ces résultats constituent un apport intéressant pour l'écologie scientifique qui mobilise les programmes de sciences participatives comme une source importante de données et comme un outil de transformation citoyenne.

6.5.1 Entre contrainte et habilitation, l'OAB offre la possibilité de multiples appropriations

Les résultats illustrent le double aspect habilitant/contraignant de l'outil (Grimand, 2016). Habilitant d'une part car en réduisant la biodiversité à certaines espèces ou groupes d'espèces observables par des protocoles simples, il permet au participant de s'engager facilement dans l'observation de la biodiversité. Il propose des prises faciles aux participants : c'est parce que des protocoles avec une reconnaissance scientifique existent que les animateur·rices et agriculteur·rices peuvent s'en emparer et mettre en place une observation de la biodiversité. Les protocoles répondent à leur attente de mieux comprendre la biodiversité agricole et permettent de développer une réflexivité sur les pratiques.

Inversement, cette standardisation a un effet contraignant en limitant l'exploration à une petite partie de la biodiversité agricole et en restreignant l'observation à un cadre particulier. D'où d'ailleurs la volonté de certains participants d'aller plus loin. Ainsi, plusieurs animateur·rices relatent des discussions sur des espèces observées

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

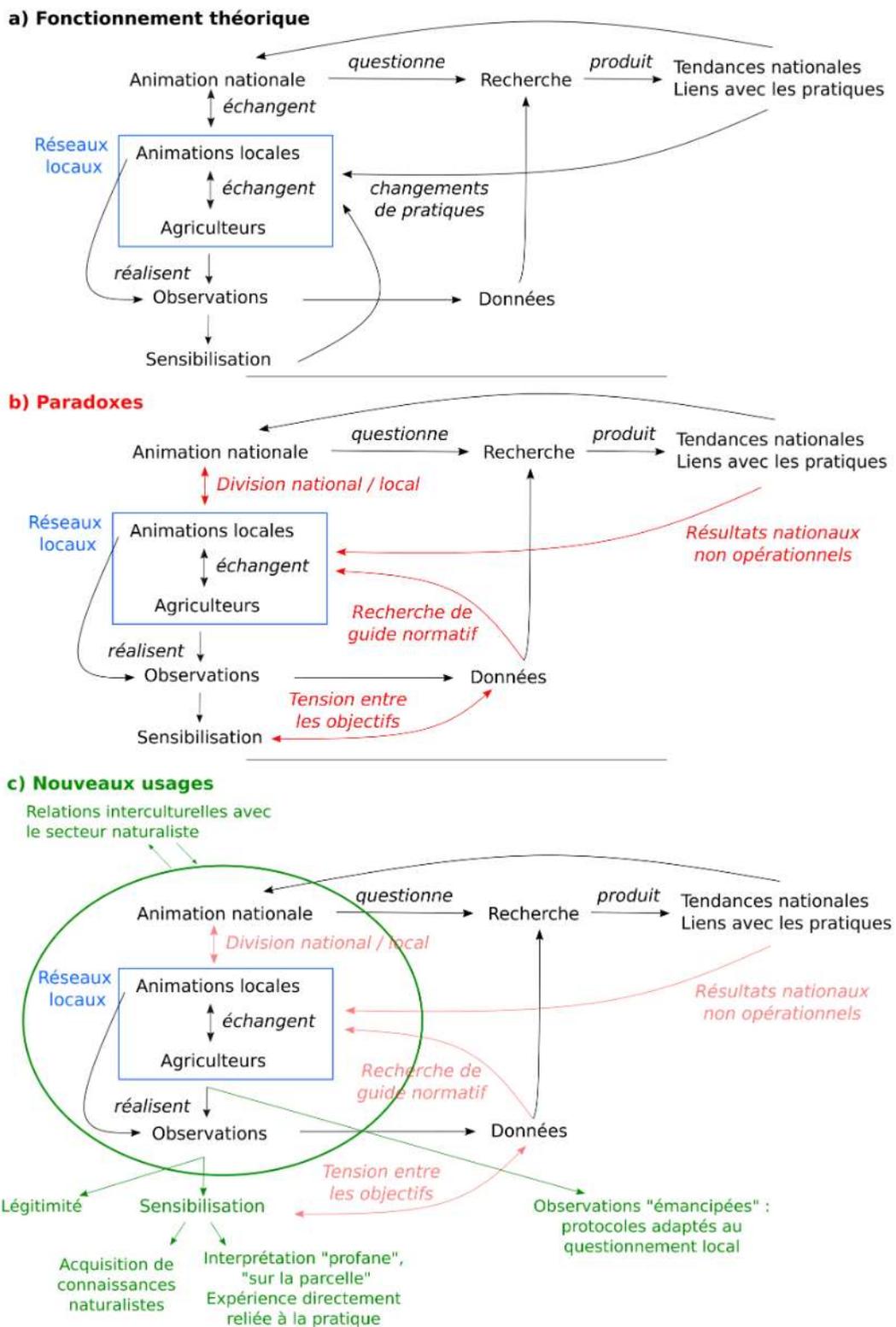


FIGURE 6.4. – Résumé des usages et paradoxes autour de l'OAB. a) Fonctionnement théorique de l'OAB lors de sa conception b) Paradoxes rencontrés c) Nouveaux usages nés de l'appropriation par les acteurs et sources de dynamisme pour l'OAB pour gérer les paradoxes.

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

lors des protocoles mais non présentes sur les fiches de relevées, mais également des demandes d'agriculteur-rices après plusieurs années de réalisation de l'OAB pour faire d'autres protocoles plus précis : *"Après on a eu le cas inverse aussi, des agriculteurs qui faisaient cela les deux premières années et qui disaient ensuite, c'est très bien, cela m'a permis de mettre un pied là-dedans, maintenant je voudrais aller plus loin. Donc il y en a certains qui se sont engagés dans des programmes, plus limités dans le temps mais plus complexes comme AuxiMore. Là, c'était les carabes par exemple, ils installaient des pots pièges dans le champ et des experts venaient déterminer avec eux, donc pour certains cela a permis d'aller plus loin."*

Tout l'enjeu est de trouver l'espace d'interprétation et de création pour chaque réseau selon les contextes. Repartant de l'approche instrumentale, cet espace va être défini à la fois par les affordances offertes par l'outil, sa dualité contrainte/habilitation, mais aussi par les schèmes d'utilisations mobilisés par les participants. Nos résultats montrent que les réseaux peuvent avoir des approches différentes des observations, le long d'un gradient "démonstration - initiation", illustrant le paradoxe de performance. L'OAB offre la possibilité d'appropriations différentes, celles-ci vont donc dépendre des habitudes organisationnelles des différents réseaux. Cela explique les différentes stratégies de gestion des paradoxes. D'un point de vue opérationnel, il est donc important de reconnaître le caractère paradoxal de ces situations et la diversité des appropriations possibles, afin par exemple d'accompagner les réseaux locaux vers des démarches constructives et éviter les effets négatifs des paradoxes. Ces travaux de recherche et l'animation nationale en lien direct avec la recherche pourront jouer un rôle important dans cette gestion des paradoxes.

6.5.2 Travailler avec la variation du vivant, un saut qualitatif nécessaire et un paradoxe d'apprentissage

Enfin, en lien avec les constats de JARZABKOWSKI, LÊ et VAN DE VEN (2013), nous émettons l'hypothèse qu'un paradoxe d'apprentissage est sous-jacent à nos observations. Les apprentissages par l'OAB se font dans un cadre de changement incrémental. Ils éveillent à la biodiversité et permettent de soulever des questionnements. Or, intégrer la biodiversité dans son processus de production agricole, travailler avec cet alliée très contingente, c'est changer radicalement la manière de concevoir ses pratiques, l'agronomie moderne s'étant développée à l'inverse sur la réduction de la variabilité du vivant (COHEN 2017). Cela demanderait un réel saut qualitatif dans la manière de concevoir ses actions, alors même que l'évolution de l'agriculteur-rice va être progressive, via ses expérimentations et étant donné ses contraintes; d'où le paradoxe. Les apprentissages permis par l'OAB ne suffisent pas seuls à ce changement. Cela se retrouve aussi dans le contraste entre d'une part la prescription espérée d'indicateurs et d'études nationales qui pour être pertinents doivent réduire la variabilité du vivant, et d'autre part la compréhension locale par l'agriculteur-rice de la biodiversité de son exploitation; compréhension qui lui permet justement d'ajuster ses

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

pratiques à la biodiversité. Ce décalage illustre les différents modes de production des connaissances à l'œuvre dans l'évolution des pratiques agricoles. L'OAB dans son positionnement semble dans un entre-deux concernant les modes de production des connaissances, d'une part dans la constitution d'une base de données importante à des fins de recherche et donc de production descendante des savoirs, mais d'autre part en fonctionnant sur la participation des acteurs dans un objectif de "sensibilisation" il reconnaît des espaces de production des savoirs différents, dans l'activité et la pratique. Nous discuterons des différences entre ces approches "*diagnostics*" et "*expérientiels*" (KUSTOSZ 2021) plus profondément dans le chapitre 8.

Ainsi, bien que ces approches par les outils de gestion et les paradoxes puissent sembler habituelles en sciences de gestion, elles donnent toutefois une autre optique d'étude des programmes de sciences participatives comme l'OAB, souvent considérées surtout pour leurs apports en écologie. Ainsi, nos résultats précisent et dévoilent les mécanismes derrière la "production de savoir" et la "sensibilisation". Ces objectifs, classiques pour des programmes de sciences participatives sur la biodiversité, sont en effet susceptibles de sonner comme des métaphysiques d'action (chapitre 2). Utiliser les concepts des sciences de gestion nous a permis d'explicitier les rationalisations à l'œuvre dans l'OAB et permettant son fonctionnement. L'échange fut donc fertile pour l'écologie apportant un nouveau regard sur ses outils participatifs.

Réciproquement, la démarche de recherche en écologie a permis de dégager des apports intéressants pour les sciences de gestion. Notre étude de l'OAB fait apparaître une forme intéressante d'instrument d'action publique. L'OAB aborde la question de la biodiversité, un objet encore peu considéré par le management public et singulier de par sa variabilité et la contingence des savoirs le concernant. Sa forme participative recherchant l'engagement des participants peut être inspirante pour le management public.

6.6 Générer des attentes et maintenir une flexibilité interprétative des observations : l'OAB, forme inspirante d'instrument d'action publique

Nous avons vu dans le chapitre 2 que l'OAB pouvait être considéré comme un instrument d'action publique. Or nos résultats font penser que ce programme est une forme intéressante pour le management public. Face à un objet d'étude très variable comme la biodiversité, il entraîne des dynamiques d'apprentissages et suscite des attentes de la part des participants. Mais c'est bien parce que l'interprétation autour des observations naturalistes reste flexible, peu structurée et sujette à discussion que l'OAB offre des espaces créatifs à ses participants.

6.6.1 La recherche de proximité de l'instrument génératrice de paradoxe : succès d'un programme qui suscite des attentes

Les observations de paradoxes ne sont pas seules dues à l'OAB. Elles sont également structurelles à la croissance de la taille des organisations, à des approches à différentes échelles favorisant des phénomènes de découplage. Les outils et procédures prescrits par les experts peuvent réduire l'autonomie du manager alors qu'il est le plus à même d'interpréter l'environnement (DILL 1958; GIRIN 1983; HATCHUEL 2012). Ces phénomènes de découplages se produisent dès lors que la conception des indicateurs et des outils est déconnectée des préoccupations du terrain. Or dans le cas de l'agriculture, de sa remise en cause environnementale et de l'absence de modèle de production établi généralisable, l'action publique est tributaire des capacités de changement développées par les acteurs de terrain. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité est une initiative qui tente de construire les indicateurs de gestion à l'aide d'un dialogue avec les personnes en charge des productions. Il engage une démarche de proximité en associant directement les opérationnels à la production d'indicateurs, espérant ainsi engager des processus d'apprentissages collectifs dans le sens recherché.

Les paradoxes évoqués mettent en évidence certaines tensions dans le programme et peuvent sembler négatifs. Néanmoins, ils proviennent bien des appropriations et questionnements soulevés par l'OAB. Le programme peut donc être qualifié en premier lieu de succès. Cette vision de succès repose non pas sur le nombre de participants ou leur satisfaction (nous avons bien vu certaines frustrations), ni sur la construction d'indicateurs (pour lesquels nous avons constaté la difficulté opérationnelle) mais plutôt sur les attentes suscitées auprès des participants. Les acteurs du monde agricole ne sont pas indifférents à l'OAB. C'est bien parce que les participants l'utilisent, le modifient, l'adaptent et génèrent en conséquence de nouvelles attentes, que les paradoxes font surface. Si ceux-ci sont sources de questionnements et de remises en question, la recherche de moyens de gestion active des paradoxes permet de faire évoluer le programme et son fonctionnement. Les "émancipations scientifiques" de certains réseaux ou le développement de nouveaux outils par l'animation sont des exemples d'évolutions à différentes échelles. Ainsi, dans cette approche participative, le succès de l'OAB serait plutôt à rechercher dans les dynamiques qu'il entraîne auprès des participants.

Concevoir le succès de l'OAB de cette façon peut sembler déroutant pour le management public. C'est pourtant une posture d'humilité face aux incertitudes inhérentes aux systèmes étudiés. Nous connaissons et avons de nouveau montré les capacités d'un outil de gestion à sortir des usages prescrits et à être mobilisé différemment. Il est donc contre-productif de vouloir le contraindre en amont et plus judicieux de chercher à comprendre les usages réels. De même, nos résultats ont montré la difficulté pour identifier des pratiques et itinéraires techniques précis en faveur de la biodiversité et qui pourraient s'imposer sur chaque parcelle. A l'inverse, il existe une incertitude dans les résultats de chaque pratique, inhérente aux qualités du vivant.

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

Envisager le succès de l'OAB sur les dynamiques et attentes qu'il suscite permet de reconnaître l'indétermination derrière les apprentissages initiés.

Néanmoins, il ne s'agit pas d'être passif face aux effets de l'outil. Il est bien nécessaire de chercher à comprendre ces dynamiques, leurs origines, leurs perspectives et de les gérer. Ainsi, les attentes des participants à l'OAB peuvent exiger des réponses, des espaces d'échanges et d'aides à l'interprétation des observations. Chaque participant tente de donner du sens aux observations naturalistes réalisées. Ces dernières deviennent des "*objets-frontières*", point d'échanges, de liens, mais aussi de tensions entre les différentes parties prenantes de l'OAB.

6.6.2 L'observation naturaliste, un objet-frontière auquel chaque participant donne sens

Depuis le début de ces travaux nous avons montré que l'OAB sollicite de nombreuses parties prenantes de secteurs et de mondes sociaux différents : agriculteur-rice, conseil agricole, chercheur, naturaliste... L'organisation doit trouver et déployer des processus par lesquels ces acteurs appelés à coopérer réussissent à se coordonner malgré des points de vue différents, à créer une compréhension commune sans perdre leur diversité propre. Étudiant ces processus dans un musée de zoologie, STAR et GRIESEMER (1989) révélèrent l'importance de ce qu'ils nommèrent des "*objets-frontières*". Il s'agit d'objets, abstraits ou concrets, dont la structure est suffisamment commune à plusieurs mondes sociaux pour qu'elle assure un minimum d'identité au niveau de l'intersection, tout en étant suffisamment souple pour s'adapter aux besoins et contraintes spécifiques de chacun de ces mondes. L'objet-frontière a différentes significations selon les mondes sociaux, mais celles-ci sont assez structurées pour être reconnues par les autres. La notion est utilisée pour décrire comment les acteurs maintiennent leurs différences mais aussi leurs coopérations, comment ils gèrent et restreignent leurs variétés, comment ils se coordonnent dans le temps et dans l'espace. Suivant cette inspiration, nous voudrions discuter ici de la place centrale dans le fonctionnement de l'OAB de l'*observation naturaliste*, et ce qu'ouvre comme réflexion de gestion pour le management public le fait de la considérer comme objet-frontière entre les différents secteurs participants à l'OAB.

Nos résultats révèlent la place centrale de l'observation naturaliste dans l'OAB et son appropriation par les acteurs. Porteuse d'une "flexibilité interprétative" caractéristique des objets-frontières (STAR et GRIESEMER 1989), cette observation se dote de qualités différentes selon les contextes et les acteurs, montrant sa "multiplicité" et son évolution selon les appropriations (GRANJOU et MAUZ 2009). Elle est par exemple, d'un gradient local à national : une expérience irréductible pour l'agriculteur-rice la-e renseignant sur sa parcelle et source d'apprentissages naturalistes ; une donnée plus ou moins contextualisée selon les réseaux, support de comparaisons, source d'interrogations et de frustrations ; un vecteur de légitimité pour les acteurs agricoles, également

6. *Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique*

génératrice de discussions, de négociations et de coopérations avec le secteur naturaliste ; ou enfin une donnée parmi d'autres, simplifiée pour se conformer à la base de donnée, standardisation nécessaire pour les analyses statistiques des écologues à plus grandes échelles. Cette observation participe à la gestion des connaissances à la frontière entre les groupes par deux activités de traduction et de transformation (CARLILE 2004). De traduction d'une part, suscitant l'échange de points de vues dans les situations indéterminées, la construction de compromis et de visions acceptables par tous. C'est le cas pour l'interprétation des observations, que cela soit localement dans la discussion entre les participants et les animations locales et nationales pour comprendre les observations, mais également nationalement pour discuter des analyses statistiques. Le séminaire de présentation des tendances nationales fut ainsi l'occasion pour certaines participants, agriculteur-rices et animateur-rices locaux, de réaliser l'imprécision inhérente à ces données participatives, qui répondraient finalement plus à leur besoin d'animation sur le territoire plutôt qu'à l'identification générale de pratiques vertueuses. D'autre part, l'observation exerce également une activité de transformation, jouant le rôle de "médiateur social", source de négociation d'intérêts et de discussion d'identités. C'est ce que nous avons observé dans les rapprochements entre les secteurs agricole et naturaliste. L'observation est localement une source de travail en commun et d'échanges. Nationalement, l'assemblage de ces observations en base de données accrédite l'effort du secteur agricole auprès des acteurs naturalistes et permet l'acceptation et la collaboration sur les plans nationaux d'action. Enfin les analyses scientifiques valorisent également le programme auprès d'autres structures.

Ainsi, nos résultats rejoignent les conclusions de GRANJOU et MAUZ (2009) dans leur étude du poil de loup comme objet-frontière propre à une activité de production de connaissances guidée par des objectifs d'expertise et de gestion environnementale (l'évaluation de la population de loup afin de décider des objectifs de prélèvements) : au-delà de l'idée de "flexibilité interprétative" notre cas d'étude met en lumière la nécessité d'accompagner l'objet-frontière pour qu'il puisse jouer son rôle de "passeur" entre diverses communautés de pratiques. L'incertitude autour de l'observation naturaliste et de son usage révèle sa construction en cours en tant qu'objet-frontière entre les acteurs. Les paradoxes constatés autour de l'OAB montrent les tensions pouvant exister autour des objets-frontières, ici de l'observation naturaliste. Mais le paradoxe favorise la coopération sans imposer le consensus. Ces espaces de dialogues, d'interrogations autour de l'observation naturaliste sont primordiaux pour la coopération entre les acteurs. Dans une position importante de passeur, les animations seront les parties prenantes clés du dialogue et en même temps celles les plus concernées par les paradoxes. Enfin, il nous semble qu'il y a également là les prémises d'une future réflexion théorique à porter, sur les liens entre paradoxes et objets-frontières, en particulier sur le caractère paradoxal de l'objet-frontière en construction (ALBERT-CROMARIAS, DOS SANTOS et NAUTRÉ 2017).

Cependant, dans ses travaux Suzan Leigh Star identifie en plus de la flexibilité inter-

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

prétative deux composantes supplémentaires des objets-frontières : les arrangements en termes de structure d'information et de processus de travail ; et la dynamique entre les usages faiblement et fortement structurés des objets (TROMPETTE et VINCK 2009). En effet, l'objet-frontière s'insère dans des infrastructures qu'il participe à construire, véhiculant ses conventions et standards. Ici l'observation naturaliste est au cœur de l'OAB et c'est parce qu'elle se base sur des standards, par exemple de réalisation des protocoles ou de communication des informations, que l'OAB est plus facilement approprié par les parties prenantes des différents secteurs. Ces cadres se construisent avec et autour de l'objet-frontière et doivent être pris en compte dans l'activité de passeur ainsi que dans les échanges entre participants.

Enfin, l'objet-frontière est au centre des dynamiques entre usages faiblement et fortement structurés, entre le formel et l'informel, entre le sauvage et le standardisé (STAR 2010). Il prend forme dans le travail coopératif, travaillant sur les inévitables catégories résiduelles des systèmes formalisés, afin de permettre les alliances entre les différents acteurs. Mais l'objet-frontière disparaît dans l'autre face du processus, à travers les tentatives de standardisation (figure 6.5).

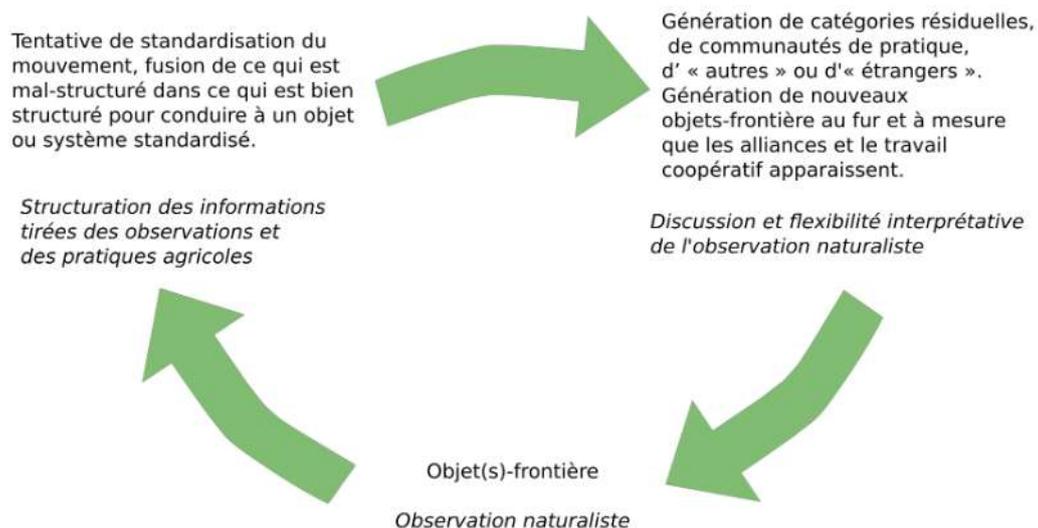


FIGURE 6.5. – Insertion de l'objet-frontière dans des mouvements de structuration. Adapté de (STAR 2010), en particulier avec l'exemple de l'observation naturaliste en italique.

Or face à l'incertitude des systèmes écologiques étudiés, les formes d'actions flexibles nous paraissent pertinentes pour le management public, afin de garder ouvertes des opportunités d'actions locales et adaptées aux différents contextes. La notion d'objet-frontière devient alors centrale pour comprendre le fonctionnement de telles formes d'action. L'OAB nous fournit une réalisation inspirante.

6.6.3 L'observation naturaliste, un objet-frontière au sein d'un instrument d'action faiblement couplé et polymorphe

Dès la phase de création du programme, la volonté de faire participer les structures agricoles aux relevés a suscité une forte implication d'un nombre important et varié d'organisations agricoles et naturalistes dans les discussions des comités de pilotage. Le sujet de la biodiversité et de l'impact environnemental de l'agriculture étant assez sensible, l'approche participative de l'OAB s'est aussi traduite aussi par une posture qualifiée de "bienveillante" par l'animation nationale, sans volonté première de jugement et d'accusation de certaines pratiques face à d'autres. Néanmoins, grâce à son aspect "recherche", l'OAB conserve une rigueur pour les participants et est légitimé par la participation du Muséum. L'animation nationale explique ainsi : *"Ils voyaient qu'on avait un discours qui n'était pas moralisateur mais qui était plutôt dans le dialogue et dans les faits. Moi j'ai vraiment fait attention aux premiers bilans de dire, voilà les faits et de m'en tenir à cela. Et par rapport aux pratiques voilà quelles premières tendances on peut en sortir mais je n'avais pas mis de qualificatif de bon ou mauvais. C'était plutôt il y a plus de cela dans tels contextes ou dans un autre. Voilà c'était vraiment être dans les faits."* C'est donc plus une approche de compréhension de la biodiversité, qui se retrouve aussi dans la motivation d'un grand nombre de participants qui veulent "savoir ce qu'ils ont sur leurs parcelles". Les protocoles ont d'ailleurs été choisis dans ce sens, afin de mettre en avant la fonctionnalité de la biodiversité pour l'agriculture. Ainsi, dès le départ l'observation naturaliste en tant qu'objet-frontière se trouve dans le mouvement entre les éléments "mal et bien structurés". Si les participants s'accordent sur des "faits", décrits par l'animation nationale, c'est bien qu'ils acceptent les conventions (de recueil de l'information, de calcul, etc) qui accompagnent ces faits. Mais parallèlement les résultats tirés de l'OAB reconnaissent également toute l'incertitude et garde une position très ouverte envers les participants.

La flexibilité de l'OAB passe aussi par sa structure d'animation, en particulier du rôle des animateur-rices locaux qui s'emparent du programme sur le territoire en fonction des dynamiques et attentes locales. Comme l'explique une animatrice nationale c'est d'ailleurs une particularité qui a été rapidement identifiée au départ et qui distingue l'OAB d'autres programmes de sciences participatives : *"Cette phase test nous a permis aussi de montrer au Ministère et aux personnes du comité de pilotage que cela intéressait les agriculteurs, qu'on pouvait lancer cela à plus large échelle mais cela a mis le doigt sur l'importance de l'échelle de l'animation. Qu'il fallait en fait passer par des animateur locaux, que sans eux c'était plus compliqué et donc on a réfléchi et construit l'observatoire avec cet échelon animation locale. Qui n'existait pas pour les autres programmes de Vigie-Nature."* C'est un échelon clé pour éviter l'éloignement identitaire entre l'animation nationale et les participants et qui doit être tout autant animé et re-motivé que celui des agriculteurs. Il s'agit bien pour ces animateur-rices de jouer le rôle de passeur de l'objet-frontière, d'alimenter les échanges et la confrontation des différentes interprétations.

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

De ce rôle d'objet-frontière émerge l'aspect polymorphe de l'OAB et son faible couplage interne. Cette notion de couplage faible (GRIMAND, OIRY et RAGAIGNE 2018a; ORTON et WEICK 1990) reconnaît que les éléments d'un système bien qu'interdépendants conservent un degré d'indépendance, d'indétermination et de capacité spontanée de changement. Ce faible couplage résulte du fonctionnement participatif de l'OAB. Bien qu'il y ait quelques éléments forts dans le programme, comme la standardisation des protocoles, même ces derniers sont adaptables et appropriables.

Ces interstices laissent de nombreuses possibilités aux structures participantes pour utiliser l'OAB selon leurs besoins, favorisant l'autonomie et la construction de sens autour des observations. C'est ainsi que nous observons, de manière non exhaustive, des lycées agricoles qui l'intègrent à des programmes éducatifs et des projets de long terme avec les apprenants, des chambres d'agriculture ou fédération de chasse qui suscitent la discussion et l'utilisent comme outil d'animation, des coopératives et des agriculteur·rices qui le valorisent socialement auprès d'autres parties prenantes ou encore diverses organisations qui espèrent mobiliser les relevés pour construire des indicateurs de suivi des milieux agricoles, avec plus ou moins de facilité. Ce faible couplage laisse également plus de marge de manœuvre, pour tester de nouvelles méthodes et outils d'animation par exemple. Cette modularité est vue comme un levier pour gérer les paradoxes inhérents aux dynamiques organisationnelles. L'inscription des outils dans des systèmes à couplage faible permet de laisser vivre les pôles opposés des paradoxes et de garder une activité créatrice autour (GRIMAND, OIRY et RAGAIGNE 2018a).

C'est en majeure partie le cas dans l'OAB : de nombreux réseaux ainsi que l'animation nationale travaillent à la fois sur le rendu de données rigoureuses pour des analyses, mais également sur l'animation et la valorisation de l'activité d'observation pour construire directement avec les participants une réflexivité sur les pratiques agricoles. Par exemple, la réalisation d'un nouveau site internet d'information et de saisie des données fut l'occasion d'une part d'augmenter la précision et la quantité des informations demandées sur les pratiques agricoles afin d'améliorer la base de données pour la recherche. Mais d'autre part plusieurs outils ont également été développés pour faciliter la visualisation par chaque agriculteur·rice et chaque réseau de leurs données (graphiques, frise chronologique représentant les différentes interventions...).

L'OAB apparaît comme une forme intéressante d'action publique. Son faible couplage centré sur l'interprétation de l'observation naturaliste libère un espace de création qui permet à une multitude d'acteurs de se l'approprier et de le transformer. Cette forme d'action et sa part d'imprévisibilité peuvent paraître déroutantes. Néanmoins, dans l'optique d'écologisation des pratiques agricoles, nous avons vu l'enjeu de prendre en compte la variabilité du vivant et donc une certaine dose d'incertitude dans les pratiques. En situation indéterminée, des instruments faiblement couplés paraissent être une approche pertinente pour laisser des espaces d'action et de créativité

6. Produire des données et sensibiliser : les usages de l'OAB, entre paradoxes et polymorphie d'un instrument d'action publique

de la part des professionnels agricoles. L'exemple de l'OAB peut ainsi être inspirant. Son fonctionnement participatif le rend efficace en termes de moyens alloués tout en suscitant de nombreux apprentissages auprès des participants. Le rôle de l'animation (nationale et locale) semble alors central à la fois pour la créativité et la cohérence autour du programme.

Conclusion du chapitre 6

Dans ce chapitre nous avons présenté les premiers résultats de l'enquête menée auprès des participants et animateur-rices de l'OAB. Nous avons mis en évidence l'existence de paradoxes organisationnels, issus en particulier de la volonté de production de savoir normatif afin d'identifier les pratiques favorables à la biodiversité. Les analyses nationales ne sont pas opérationnelles localement, tandis que les acteurs n'arrivent généralement pas à mobiliser les observations locales pour en tirer des règles de gestion à leur niveau. Cela entraîne potentiellement une distance entre les acteurs locaux et nationaux, ce qui est identifié et travaillé au sein de l'OAB. Cependant d'autres appropriations moins normatives existent, révélant le caractère polymorphe de l'OAB, qui s'adapte en fonction des contextes et motivations locales. Ainsi, des réseaux utilisent socialement l'OAB pour montrer leur engagement pour la biodiversité. Le programme est également un formidable outil d'animation et de réflexivité sur les pratiques. Ici il ne s'agit plus pour les participants de démontrer, mais plutôt de matérialiser par l'observation les liens pratiques-biodiversité qui peuvent exister directement sur leurs parcelles. Cette valorisation produit des savoirs plus "expérientiels" (KUSTOSZ 2021), dans l'action des participants qui cherchent à mieux connaître leur environnement direct.

La mobilisation des concepts de sciences de gestion ont ainsi permis de montrer le fonctionnement d'un programme de science participative issue de l'écologie. Nos résultats détaillent la réalité derrière les objectifs de production de données et de sensibilisation. Apporter cette vision à ces programme des sciences participatives nous paraît être un apport important pour l'écologie.

Enfin nous avons également discuté de l'aspect inspirant de l'OAB pour le management public. Basé sur un objet-frontière, l'observation naturaliste, qui autorise une flexibilité interprétative et un faible couplage de ses éléments, l'OAB s'avère être un instrument polymorphe facilement approprié et utilisé par ses participants. Sa forme préserve une marge de manœuvre créatrice dont l'imprévisibilité peut troubler mais qui nous semble intéressante dans des cadres d'action incertains, tels que le travail avec le vivant dans le cadre de la transition écologique.

7 Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

Dans ce chapitre nous développons quelques observations réalisées lors de nos entretiens sur le rapport des agriculteur·rices à la biodiversité. Ces résultats reposent sur peu d'observations, mais nous pensons qu'ils permettent tout de même d'illustrer l'idée que travailler avec la biodiversité représente un "saut qualitatif" dans les pratiques des agriculteur·rices et pour lequel le savoir naturaliste est primordial.

7.1 De la protection à la confiance : évolution du rapport à la biodiversité

7.1.1 Bien faire son travail : favoriser et ne pas fragiliser la biodiversité

Pour plusieurs agriculteur·rices participant à l'OAB, et pour lesquelles la biodiversité est donc un sujet d'intérêt, il s'agit principalement de ne pas l'appauvrir pour des raisons patrimoniales. Ils/elles veulent donc comprendre ce qu'il y a dans leurs parcelles pour "bien faire leur travail" : *"Et on s'est aperçu, enfin on le savait avant, mais au moins on le mesure, de se dire voilà tout ce qu'on a fait jusqu'à présent est-ce que c'est plutôt positif ou plutôt négatif? Par principe je ne pourrais pas être agriculteur si c'est pour faire quelque chose de négatif. Ma terre c'est quelque chose de vivant et qui me permet de vivre aussi. On n'a aucun intérêt à détruire notre sol bien entendu."* ; *"Je me dis qu'en tant que vigneron, je suis arrivé à S., je n'étais pas fils de vigneron, rien, j'arrive dans un endroit qui est plutôt sympa, donc quelque part, je bénéficie de ce qu'ont fait les autres avant, donc à moi de rendre la pareille et de faire en sorte qu'on ne détruise pas l'environnement dans lequel on est et qu'au contraire si on peut l'améliorer, qu'on l'améliore. En plus il y a des choses dont je ne suis pas forcément conscient, de ce que je peux faire comme pratiques qui peuvent être néfastes ou bénéfiques. Le fait de participer à un réseau comme ça me permet de pouvoir échanger avec d'autres vignerons, avec A. par exemple, et puis d'apprendre des choses et de faire évoluer mes pratiques."* ; *"Certains animaux dans certaines parcelles on se dit je ne vais pas travailler*

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

cette parcelle tout de suite parce qu'il y a des nids de vanneaux, parce qu'on reporte, qu'on fait des choses intuitivement comme cela mais qui n'ont aucune reconnaissance, ce n'est qu'une envie personnelle." Ces agriculteur·rices expriment leur sensibilité environnementale et ont la volonté d'intégrer dans leurs réflexions leurs éventuels effets sur l'environnement. Mais dans leurs discours nous sentions que ce lien était encore assez général. Il s'agit de ne pas fragiliser la biodiversité et l'environnement car c'est une préoccupation actuelle. Ils/elles savent également (ou ont l'intuition) que cela serait aussi préjudiciable à leur activité économique, ainsi qu'au fonctionnement de leurs parcelles. Mais sans rentrer dans le détail de ce lien.

Par exemple, nous retrouvons cela dans certains discours d'agriculteur·rices qui participent à l'OAB pour aller vérifier si les craintes sur la perte de biodiversité sont vérifiées : *"Et puis mon BTS c'est aussi là qu'on avait déjà cette démarche d'observation des trucs, autour de la biodiversité des cultures et compagnie. Donc moi quand on m'a dit cela, je me suis dit voilà, aujourd'hui on me dit qu'il n'y a plus d'insectes, je ne suis pas convaincu. Mais voilà, je veux voir vraiment ce qui se passe dans mes parcelles avec l'OAB."* ; *"Bah pour découvrir ce qu'il y a. Au niveau de la biodiversité, au niveau... Parce qu'on dit il y a ceci cela mais on ne sait pas. Certains prônent des grandes théories mais entre la réalité et ce qui se passe sur le terrain cela fait deux. Comprendre sur le terrain pourquoi il y a ça ou pas ça."* ; *"On nous rabâche les oreilles que oui il n'y a plus d'insectes, plus d'oiseaux, que ce sont les effondrements de populations. Bon voilà ça c'est dit dans les journaux. On ne sait pas si c'est dit pour faire peur ou si c'est la réalité. En tant qu'agriculteur on a un rôle à jouer pour dire que ce n'est pas forcément ça la vérité. Qu'il y a peut-être d'autres raisons que nos traitements qu'on remet toujours en cause. Et si on peut favoriser pourquoi pas. Pourquoi pas cela ne fait pas de mal les auxiliaires. Les vers de terre apparemment c'est général, il y en a de moins en moins. C'est vrai ou pas ? C'est ce que l'on dit."* Mais aussi pour mieux comprendre la biodiversité et se rassurer : *"L'avantage, c'était que je sache où j'en étais, que je sache ce qu'on pouvait faire, parce que je me posais des questions. Je me dis : est-ce que ce que je fais, ça sert à quelque chose ? ou même si on fait attention, on a quand même le désert dans les pommiers ? Non, ça va, il y a du monde. On a des haies, on voit que ça commence, mais je m'attendais à ce qu'il y ait plus de biodiversité que ça"* ; *"Oui. Et puis après, me rassurer. Me dire que ça ne sert à rien que je retraite encore, je vais voir les espèces : "ça c'est bon, ça c'est bon, ça c'est bon mais pas très utile, mais si tu en as c'est toujours ça de plus", voilà. Plus on sait, plus on est rassuré. Ce n'est pas du jour au lendemain. L'insecticide oui : on voit qu'on a quelque chose, on tape. Mais si on regarde, on voit des choses, on voit que ça monte au niveau des auxiliaires pour nous : "Oh, eh bien c'est bon". Mais après il y a la liaison, c'est ce que je vous disais, entre les produits qui sont dits doux et la réalité des choses. Il y a plein de noms, et je ne vais pas examiner la liste complète de toutes les influences des produits sur les auxiliaires. C'est tout en latin, il y a des auxiliaires qu'on ne connaît pas, qu'on n'a pas identifiés..."*

C'est une preuve d'intérêt pour la biodiversité. Plusieurs agriculteur·rices rencontré·es font également part de leur apprentissage et de leur curiosité pour la biodiver-

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

sité, qui est quelques fois une préoccupation relativement nouvelle. Ces découvertes sont une source de satisfaction lors de la "rencontre" avec la biodiversité, l'observation d'espèces particulières que l'on réussit à déterminer et manipuler. Une animatrice raconte ainsi les réactions des étudiants de lycée agricole lors de la réalisation des protocoles vers de terre : *"Au bout d'un moment quand ils réussissent, quand ils se rendent compte que ce n'est pas si compliqué que cela de les identifier, à la fin ils les prennent dans les mains, ils sont hypers contents. Ils se les échangent, pour l'avoir vu, cela crée une autre représentation. Cela donne un accès à ce que c'est alors qu'ils avaient un à priori au départ."* De même, un conseiller de chambre d'agriculture nous expliquait qu'après plusieurs années les agriculteur-rices de son réseaux ont développé une préférence pour le protocole d'observations des papillons de jour, protocole pourtant redouté par de nombreux participants car plus demandeur en compétences naturalistes pour la reconnaissance des espèces et en conséquence moins réalisé. Pourtant, après avoir acquis les compétences de reconnaissances, le protocole papillon offre plus de satisfaction aux agriculteur-rices de ce réseau car ils/elles observent plus facilement des modifications faisant suite à des changements de pratiques, comme l'apparition de nouvelles espèces. Les compétences naturalistes acquises leur permettent d'aller plus loin dans la reconnaissance de la biodiversité, ce qui est raconté comme satisfaisant.

Enfin, nous repérons aussi des éléments de discours issus de l'écologie scientifique, révélateurs de l'acquisition de nouvelles compétences. Nous citons à titre d'illustration cet agriculteur qui explique comment il a appris à laisser de la place pour la biodiversité autour de ses parcelles en travaillant sur les habitats : *"Et autrement, je travaille sur la conservation des habitats pour maintenir une biodiversité présente qui joue ce rôle par la suite. D'où l'intérêt de la conservation des habitats et du suivi avec les protocoles que vous pouvez proposer dans le Muséum d'Histoire Naturelle.[...] À l'inverse aujourd'hui je laisse enherbé sous le pylône et l'habitat, des fois on a des – plus maintenant parce que dans l'agriculture de conservation on n'a plus ce problème – mais à l'époque où on labourait on ressortait des pierres régulièrement, les pierres on les entassait, sous les pylônes par exemple, un tas de pierres. Moi de temps en temps en période d'hiver, j'aurais fait venir un tractopelle pour enlever les pierres, pour nettoyer sous le pylône, parce qu'on aurait considéré qu'un tas de pierres c'était un nid à vermine, et à l'inverse ce tas de pierres, ça peut être un réservoir de biodiversité. Donc ça, ça va être une conservation d'un habitat. Un arbre mort à une époque on l'aurait coupé pour faire propre, aujourd'hui je vais le laisser et je vais le voir comme un réservoir de biodiversité. Un roncier c'est pareil, je vais le maîtriser quand même parce qu'il ne faut pas non plus que je me fasse doubler et qu'il me mette à la porte du champ, mais je vais le contenir dans certains endroits où il ne me gêne pas, mais ce roncier peut, pareil, être un réservoir de biodiversité. [...] Et le roncier, à cet endroit-là ne me gêne pas. À une époque, au début où je me suis installé j'aurais gratté les derniers mètres pour aller labourer jusqu'au fossé et je me serais embêté à traiter, je me serais embêté à semer, et ces endroits-là généralement, on ne récolte pas grand-chose parce qu'on a toujours un peu des redoublements d'engrais, des redoublements de semences, des*

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

redoublements de traitement. Ce sont des endroits de manœuvre plus important donc il y a du tassement qui est généré plus important, donc finalement si on fait la marge vraiment de ces quelques mètres carrés, on se rend compte que ce sont des mètres carrés qui ont une marge complètement dégradée parce qu'on a plus d'intrants, plus de tassement, moins de rendement et bénéfice zéro. Donc à la limite, dans ces conditions, il vaut mieux abandonner la production sur ces endroits et la dédier à autre chose, donc du développement de biodiversité."

Néanmoins, si ces agriculteur-rices portent un grand intérêt à la biodiversité et peuvent modifier leurs pratiques (généralement autour des parcelles) pour la favoriser, nous n'avons pas eu l'impression qu'ils/elles travaillaient *avec* la biodiversité. Celle-ci restait un élément patrimonial à protéger, ils/elles reconnaissent qu'elle joue certainement un rôle important mais celui-ci paraît encore peu intégré dans les réflexions agronomiques.

7.1.2 Trouver une alliée, apprendre à faire confiance à la biodiversité

Dans une deuxième catégorie, d'autres agriculteur-rices racontent un rapport légèrement différent vis-à-vis de la biodiversité. Pour ces dernier-ère-s, la biodiversité n'est plus seulement un patrimoine à préserver mais une alliée avec qui travailler. Ils/elles mobilisent des savoirs naturalistes pour aller l'observer, l'identifier et lui reconnaissent un rôle important dans leurs pratiques agronomiques. Les observations naturalistes prennent une part importante dans la décision de traiter : *"Les limaces, il y a une gestion soit à l'aveugle, on voit une limace ou on n'en voit pas mais on voit une trace et on traite. J'ai envie de dire peut-être 80 ou 90% des gens qui font ça. Moi, je mets des petits carrés de feutre humide et je compte mes limaces. J'ai la pression de limaces au mètre carré. La culture, si elle est plus ou moins sensible, ça va faire sur un colza, si on trouve une limace au mètre carré, on va faire attention, très attention. Sur un blé, si j'ai 30 limaces au mètre carré, ça ne me dérange pas plus que ça. J'ai même vu aller jusqu'à 50 limaces au mètre carré et je n'avais pas forcément de soucis. Donc je fais mes comptages et après, je regarde ma culture, comment elle évolue. Si j'ai un temps poussant, que la culture se développe vite, il y aura des petits dégâts mais ce n'est pas gênant. S'il fait un temps plus froid et que ça pousse moins vite, là il faudra surveiller. C'est de la surveillance mais c'est passionnant. On ne met pas du produit quand il n'y en a pas besoin. C'est surtout ça parce que j'ai envie de dire, il y a 50% des épandages, je dis ça un peu comme ça mais il y a largement 50% des épandages qui pourraient être évités." Cela passe par un sentiment de confiance dans l'action de la biodiversité : "Oui, comme ça, quand on commence à voir des coccinelles dans le champ, on se dit "elles sont là". On ne voit pas forcément les larves mais s'il y a des coccinelles, il y a certainement des larves. C'est comme ça que je vois les choses. Je voyais sur un plant de féverole, trouver trois, quatre coccinelles, ou quand je vois dans mes couverts, des fois des journées ensoleillées au printemps, avant d'avoir mis une nouvelle culture, "tiens, il y a déjà des coccinelles". C'est rassurant, on ne se tracasse pas trop. Surtout, il faut les laisser faire. Parce que si on met tout à zéro, il faut tout recommencer."*

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

En particulier, chez quelques agriculteur-rices rencontré-e-s cette confiance semble aller de pair avec l'acquisition de connaissances naturalistes, afin d'apprendre à reconnaître les espèces et à connaître leur écologie : " *Je ne connaissais pas trop les carabes avant, j'avais entendu parler, les staphylins encore moins. Il y a des staphylins, des espèces il y en a plein. Il y a qui vont jusqu'à détruire quelques taupins. Tout va se gérer tout seul, c'est ça qui est intéressant en fait. C'est un équilibre, il ne faut pas le rompre.*" ; " *Je pense que le déclic ça a été ça : la découverte de l'agriculture de conservation. Au départ je me suis prise de passion pour les vers de terre. Je trouve que c'est assez moche comme bête, mais le boulot qu'ils font, c'est énorme. Et après, tout ce qui est les insectes. Puis pareil aussi, les oiseaux, la capacité à ce qu'ils mangent les pucerons : deux couples de mésanges peuvent éliminer tous les pucerons sur un hectare, c'est fou! Tu te dis que tu peux te passer d'insecticide. Je n'en ai jamais utilisé*". Ce savoir naturaliste permet d'adapter ses pratiques au fonctionnement de la biodiversité, comme le raconte un agriculteur sur l'importance de la précocité des semis d'automne pour profiter des auxiliaires : " *Il y a des limaces mais on n'a plus besoin de mettre d'anti-limaces, il y a suffi de carabes, de staphylins qui gèrent les populations. Et on a beaucoup de coccinelles au printemps qui gèrent les problèmes pucerons. À l'automne, on les a un peu moins. On a toujours des pucerons d'automne sur les céréales et les coccinelles ne sont pas toujours là. En me formant un peu, je me rends compte qu'il y a moins d'auxiliaires en surface du sol à l'automne. Par exemple, si on sème au 15 octobre, les traitements pucerons, ça va être dans la première dizaine de novembre, il y a déjà beaucoup moins d'auxiliaires qui sont actifs.*" ou un autre agriculteur sur la nécessité de mieux comprendre le rythme des adventices pour mieux les gérer, limiter ses interventions, mais aussi comprendre ce qu'elles peuvent lui apprendre sur sa parcelle : " *Ça peut être aussi d'avoir une approche un peu différente du désherbage dans les parcelles, en se disant plutôt que d'essayer d'éradiquer jusqu'à la dernière herbe adventice, on se dit telle herbe finalement des véroniques actuellement quand elles sont en fleur au stade où on est aujourd'hui, à l'époque où on est aujourd'hui, elle est en fin de cycle, ça ne sert à rien de s'acharner dessus. Premièrement parce qu'on sera obligé de mettre des doses importantes de produit et encore on n'arrivera même pas à la supprimer, donc c'est stupide et deuxièmement elle apporte une biodiversité, il n'y a pas franchement de nuisibilité [...] Pourquoi a-t-on tel problème de plante? On se rend compte que ces plantes ont un caractère indicateur et qu'en réalité c'est un problème de tassement du sol, c'est un problème d'hydromorphie, c'est un problème de ceci, de cela et que finalement il faut travailler sur les rotations, sur la vie du sol, il faut travailler sur la modulation de dose de certains engrais, la suppression de certaines molécules ou la modulation de la dose. Il y a une foule de paramètres à prendre en compte mais de gérer avant toute chose la cause et non pas la conséquence.*"

Au-delà de conserver un patrimoine, il s'agit maintenant de ne pas détruire son partenaire. Une alliée qui peut cependant être assez mystérieuse. Si les observations et les relevés sont des moyens d'aller mieux comprendre la biodiversité, la prise de décision concernant l'application d'un traitement ne repose pas uniquement sur des mesures. Lors des entretiens il fut ainsi assez difficile pour les agriculteur-rices d'ex-

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

pliciter clairement cette prise de décision, qui est un savant mélange de comptages, d'observations et d'expérience. D'où l'importance de la connaissance naturaliste pour aiguiller la prise de décision. Ce savoir est d'ailleurs réclamé par les agriculteur·rices qui regrettent parfois leur manque de connaissances : "On a un gros manque de connaissances sur tout ce qui peut y avoir comme auxiliaires et leurs rôles, donc nous, on a travaillé un peu là-dessus mais on ne connaîtra jamais tout."

Une partie des agriculteur·rices rencontré·e·s expriment donc une relation plus profonde avec la biodiversité, qui n'est plus un simple élément à protéger mais plutôt une véritable alliée, avec ses mystères, mais à laquelle ils/elles ont appris à faire confiance (figure 7.1). Cette nouvelle relation représente un vrai saut qualitatif dans la façon d'intégrer la biodiversité dans les prises de décisions agronomiques.

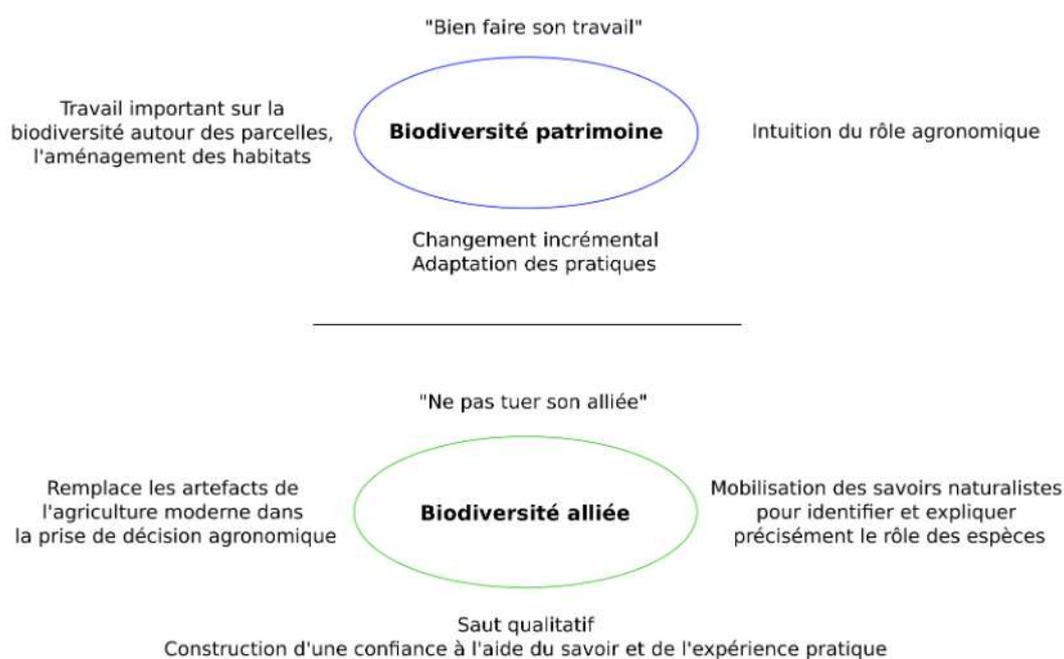


FIGURE 7.1. – Comparaison des deux relations décrites entre les agriculteur·rices et la biodiversité.

7.2 Un apprentissage naturaliste progressif mais un saut qualitatif dans l'activité

A partir de ces observations nous émettons une hypothèse qui méritera d'être explorée plus profondément dans de futurs travaux : si les apprentissages et changements de pratiques en faveur de la biodiversité peuvent paraître progressifs et incrémentaux dans les exploitations, il y a bien réel un saut qualitatif dans la relation à la biodiversité, qui devient dans l'activité une vraie alliée avec qui l'agriculteur·rice travaille.

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

Le savoir naturaliste semble jouer un rôle central dans l'évolution des positions des agriculteur-rices, accompagnant les apprentissages progressifs. Parmi les personnes interrogées, l'entrée principale fut généralement l'agriculture de conservation des sols et les formations sur la vie du sol : "*Quand on a compris comment vivait un sol, on n'a plus envie de le travailler.*"; "*Ce qui aide, c'est la formation parce que j'ai fait une formation sur la vie du sol, un peu emmené par un voisin qui avait envie de la faire. En sortant de cette formation, on a compris que de travailler la terre, ça ne servait pas à grand-chose et dès l'instant qu'on avait une vie dans le sol. Alors vie du sol, c'est les vers de terre mais c'est aussi les champignons, les bactéries donc chacun a sa fonction. Quand on commence à bouleverser tout ça, il faut tout recommencer à chaque fois.*"; "*Donc c'est vrai que je tends plus vers l'agriculture de conservation, et ça a commencé à m'intéresser par les vers de terre, et après tu découvres qu'il y a plein de bêtes dans le sol qui mangent les tiges, et qui permettent de dégrader. Tout ça, ce sont des questions que je ne me posais pas avant.*". Ce sont ces savoirs et questionnements qui amènent à repenser certaines pratiques et à les modifier.

Mais c'est au-delà qu'il y a un changement. Dans la réalisation de ces nouvelles pratiques (diminution voir absence de travail du sol, réduction des intrants, etc.), ainsi que dans la compréhension plus fine du rôle de la biodiversité et donc son intégration directement dans les processus agronomiques, nous pensons qu'un rapport différent se crée avec la biodiversité. Les agriculteur-rices développent une *expérience de nature* différente (CLAYTON et al. 2017; MILLER 2005). La notion d'expérience fait référence au processus "*d'acquisition de savoirs et de compétence par l'activité, l'observation et la sensation*" (CLAYTON et al. 2017). Les expériences de nature sont des phénomènes complexes. Elles sont intégrées dans des contextes sociaux et culturels, évoluant en combinaison avec les changements politiques et sociétaux, avec les technologies de la vie quotidienne de l'homme et sont susceptibles d'être transformées par ces changements (CLAYTON et al. 2017). Ces expériences semblent s'additionner progressivement chez ces agriculteur-rices au fur et à mesure de leurs apprentissages sur la biodiversité et de leurs actions en sa faveur.

Leur cheminement aboutit à une relation de travail différente avec la biodiversité, qui est intégrée dans les pratiques agronomiques. Certaines discussions avec des agriculteur-rices ayant développé cette relation montrent comment ils/elles ont commencé à lui faire confiance, pour le maintien de la fertilité du sol ou la régulation des potentiels ravageurs par exemple. Nous parlons de confiance car la biodiversité reste une alliée mystérieuse. Les agriculteur-rices rencontré·e·s reconnaissent d'ailleurs encore ne pas tout comprendre, c'est une enquête permanente pour saisir les dynamiques de la biodiversité sur leurs parcelles : "*C'était au mois de décembre, je recevais un groupe et dans mes couverts, j'avais des tournesols qui étaient en fin de floraison mais il y avait des syrphes qui butinaient. Je me dis, la syrphe, ça mange des pucerons ou la larve? Je me dis, il faut qu'on travaille là-dessus. Dans nos couverts, il suffit de trouver les espèces adaptées. Si on peut avoir un maximum de syrphes, peut-être un peu plus tôt par rapport aux pucerons de céréales. J'essaye de réfléchir comme ça aujourd'hui.*"

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

Ces pratiques intégrant la biodiversité se font à travers un mélange éclectique entre des savoirs sur l'écologie des espèces, des techniques de mesures et d'observations sur le terrain et l'expérience personnelle. Un agriculteur explique ainsi comment il en est arrivé à arrêter petit à petit les traitements anti-limaces, en notant d'une part grâce à des feutres humides posés au sol que la population ne semblait pas augmenter, mais aussi en observant et identifiant leurs prédateurs tels que les carabes. Il constata finalement par l'expérience que l'arrêt des anti-limaces n'avait pas d'effet négatif sur son rendement. Cela est cohérent avec les résultats de TOFFOLINI et al. (2017) qui montrent comment les agriculteur-rices mobilisent et utilisent les savoirs fondamentaux d'écologie "en situation", afin de construire des interprétations et du sens sur les résultats observés, produisant leur propre rationalité.

Par ailleurs, en écho avec BARBIER et GOULET (2013) qui parlent de la nécessité de désadopter certaines pratiques et artefacts de la modernisation agricole, nous pensons que les exemples décrits précédemment montrent que l'acquisition du savoir naturaliste et son intégration fine dans l'activité et l'expérience peuvent être une manière de remplacer ces artefacts (intrants chimiques par exemple). D'ailleurs, ces agriculteur-rices expliquent généralement ne pas avoir une augmentation du rendement mais qu'ils/elles ne constatent simplement pas de baisse significative lors de l'arrêt de certaines pratiques (ce qui a pour effet d'accroître la marge économique puisque ces pratiques avaient quand même un coût). Enfin, ce remplacement s'illustre aussi dans les réflexions et arguments explicités lors des prises de décision de traiter ou non. Ainsi, un agriculteur explique bien qu'il ne veut pas prendre le risque de détruire sa communauté biologique : *"L'idée c'est de ne pas traiter. On va surveiller et on se rend compte au fil des jours que les auxiliaires sont là et vont réguler la situation. Et j'ai envie de dire on est presque prêt à perdre un peu de rendement mais on veut garder cette biodiversité. Dès l'instant où on va mettre un insecticide on va tout remettre à zéro et ça c'est surtout ce qu'on ne veut pas."* Nous notons donc un renversement de l'aversion au risque classiquement montrée chez les agriculteur-rices qui appréhenderaient d'arrêter certaines pratiques de peur d'une perte de rendement : ici ces agriculteur-rices redoutent d'affaiblir leur alliée quitte à perdre un peu de rendement. Ils/elles ont travaillé à reconstruire l'équilibre écologique de leurs parcelles et craignent que ce dernier soit long à rétablir en cas de perturbation.

Conclusion du chapitre 7

Nous avons montré l'existence de deux relations différentes entre la biodiversité et les agriculteur-rices intéressé-e-s par cette dernière (figure 7.1). D'une part, certains agriculteur-rices soucieux de "bien faire leur travail" veulent connaître la biodiversité de leurs parcelles pour évaluer les effets de leurs pratiques. Si ils/elles ont bien conscience que la biodiversité joue un rôle important pour leur production agricole, elle reste néanmoins considérée dans les discours comme un patrimoine à protéger.

7. Connaître et coopérer : s'associer avec la biodiversité exige un saut qualitatif dans la décision agronomique

Elle n'est pas intégrée aux réflexions et prises de décisions agronomiques. D'autre part, quelques agriculteur·rices ont développé une relation plus profonde avec la biodiversité. Celle-ci est devenue une véritable alliée à laquelle ils/elles font confiance et qui intervient dans les décisions de traitement. Dans la construction de cette relation le savoir naturaliste et l'expérience semblent primordiaux pour apprendre à observer la biodiversité et pour lui faire confiance.

Nous avons conscience que ces résultats restent très exploratoires, basés sur un faible nombre de cas. Néanmoins, nous pensons qu'ils ont le mérite d'ouvrir la réflexion sur les expériences de nature des agriculteur·rices et sur le rôle des savoirs naturalistes. Les perceptions des agriculteur·rices envers la biodiversité sont constantes et inscrites dans leur vie de tous les jours (KELEMEN et al. 2013; MIKOŁAJCZAK et al. 2021). Elles ont donc une influence importante dans leur processus de décision et ce champ d'étude mériterait d'être approfondi. Comment les savoirs naturalistes sont-ils mobilisés par les agriculteur·rices et associés à leurs pratiques? Comment cela transforme les expériences de nature des agriculteur·rices et participe à créer un changement qualitatif de relation à la biodiversité? Quelles influences des différentes dimensions de ces expériences de nature (CLAYTON et al. 2017)? Quelles places de l'animation et des professionnels tels que les professeurs, conseillers et scientifiques dans la construction et la transmission de ce savoir? (COQUIL et al. 2018).

8 De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

Ce chapitre amorce une discussion plus générale à partir des résultats de la thèse. Les précédents chapitres nous ont permis d'explorer les apports de l'OAB (intérêt scientifique des données récoltées, dynamiques locales et apprentissages des participants...) et de mieux comprendre son fonctionnement. L'objectif ici sera de prendre du recul sur ces résultats pour replacer l'OAB dans son contexte. A partir de la littérature en stratégie des innovations et de certains résultats, nous discuterons de la place de l'OAB et en particulier de la démarche participative dans notre régime industriel actuel. Constatant la place intermédiaire de l'OAB entre un régime industriel de production des connaissances et d'autres modes novateurs basés sur des savoirs plus fortement liés à l'expérience, nous réfléchissons alors sur la place des chercheurs puis du management public.

Nos travaux ont révélé que l'OAB est à l'origine de savoirs de nature différente. En repartant de la typologie proposée par KUSTOSZ (2021), nous identifions des "*savoirs diagnostics*", basés sur le recueil et le croisement de données quantitatives et statistiques. Ils comportent une certaine objectivité, souvent construite sur des méthodologies et des exigences scientifiques, dressent un état des lieux à un moment t et sont généralement considérés comme des outils d'aide à la décision. Dans le cas de l'OAB, ceux-ci sont autant nationaux que locaux. Nous y trouvons bien sûr les études statistiques réalisées dans le cadre de cette thèse mais également les initiatives de certaines coopératives ou encore des projets de réseaux locaux. Ces derniers n'ayant néanmoins pas tous le même succès, ce que nous avons montré à travers les paradoxes du programme (chapitre 6). Parallèlement, nous discernons des savoirs moins formalisés, qualifiés de "*savoirs expérientiels*" (KUSTOSZ 2021). Ils se rapportent aux réalités vécues sur le terrain et valorisent les expériences personnelles. Ces savoirs sont plus tacites, centrés sur les apprentissages individuels et collectifs induits par la

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

mise en place des observations. Cela concerne finalement toutes les interprétations des observations localisées sur les parcelles, sans volonté de généralisation et d'amplification de l'échelle d'étude.

Cette dualité n'est pas nouvelle et se traduit sous différentes formes dans la littérature, par exemple entre savoir-faire et savoir scientifique (LIÈVRE 2004). Elle est d'ailleurs au cœur des problématiques de l'agroécologie qui ambitionne de faire dialoguer les savoirs locaux liés à l'expérience avec les savoirs plus théoriques d'écologie et d'agronomie. Par exemple, TOFFOLINI et al. (2017) montrent comment les agriculteur·rices contextualisent le savoir fondamental d'écologie pour le transformer en savoir d'action, directement relié à leurs pratiques. Ils décrivent ainsi plusieurs schémas de contextualisation : afin de réinterpréter et de comprendre les conséquences d'une action déjà mise en place, voire pour identifier des conditions favorables aux effets visés ; pour anticiper les résultats d'une action ; enfin pour identifier des indicateurs de suivi de leur action (par exemple un stade végétal propice au désherbage). Il s'agit de pouvoir aborder le phénomène bio-physique dans une action délimitée. Cette contextualisation ne repose pas uniquement sur le savoir tacite, mais aussi sur une rationalité particulière, un savoir d'action entre savoir scientifique et savoir-faire (LIÈVRE 2004). Selon nous, ce phénomène peut être généralisé. D'après les philosophes pragmatistes, nous ne produisons jamais de jugement sur des objets ou des actes isolés mais toujours dans un contexte, en situation. Nos observations du chapitre 7 vont également dans ce sens. Elles révèlent que si les agriculteur·rices sont à la recherche d'un savoir fondamental pour mieux connaître la biodiversité et travailler avec elle, ceux et celles s'engageant le plus profondément dans cette démarche de collaboration se reposent sur un savant mélange de savoir fondamental et d'un savoir issu de leurs expériences et de leurs affects. Mais cet assemblage n'est pas quantifié, voire difficile à exprimer.

Or notre culture scientifique moderne et rationaliste, encastrée dans nos sociétés industrielles, tend à privilégier la première forme de savoir diagnostic car "objectivé", face à ce savoir expérientiel. La construction de l'agriculture moderne s'est réalisée sur une production des connaissances descendante, basée principalement sur un savoir scientifique et d'expertise (chapitre 1). Ces savoirs, "*transposant le laboratoire dans le champ*" (COHEN 2017) ont écarté la variabilité du vivant et des systèmes sociaux de leur périmètre. Face à cela, les initiatives de production participative de savoir cherchent à réintroduire cette variation dans les réflexions et à produire un savoir plus situé, plus facile à contextualiser. Les "*expériences socio-écologiques*"¹ proposées par GABA et BRETAGNOLLE (2020) en sont un exemple, impliquant directement à l'échelle du territoire les agriculteur·rices dans la réalisation d'expériences agroécologiques sur leurs parcelles. Cette méthode vise à mettre en place des gradients écologiques et sociologiques afin de mieux comprendre à l'échelle d'un territoire le rôle de certains paramètres. En faisant intervenir directement les agriculteur·rices dans la conception

1. Notre traduction

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

et la réalisation des protocoles, puis dans la discussion des résultats, ces expériences permettent de produire un savoir fondamental plus situé. L'OAB est un autre exemple de démarche participative à grande échelle. Néanmoins, il est essentiel de rester critique sur ces démarches participatives et sur la réalité de leur mise en place. C'est là la première idée de cette discussion : ces démarches qui visent à produire un nouveau type de savoirs sont en interaction avec le régime industriel dominant et en sortiront modifiées. Au-delà d'une critique, c'est plutôt un point d'attention que nous voulons développer, afin de garder un regard réaliste sur les effets de ces démarches.

8.1 La démarche participative, une innovation en interaction avec le régime industriel dominant

Nous l'avons dit, ces initiatives de production participative du savoir cherchent (au moins en partie) à développer un savoir "expérientiel" en faisant participer directement les acteurs de terrain. Ce type de savoir, moins formalisable, n'est cependant pas toujours légitimé dans nos sociétés industrielles basées sur le modèle de l'ingénieur et de l'expert. Ainsi, malgré leur promesse, ces programmes se déploient dans un environnement susceptible d'orienter leur fonctionnement dans des directions différentes. En effet, certains travaux de la stratégie des innovations appellent à considérer les innovations de manière dynamique afin de caractériser leurs évolutions. Ces études révèlent l'ambivalence des changements réellement apportés au sein des secteurs de production. Ainsi ces innovations ne transforment pas toujours aussi radicalement les activités qu'elles ne le prétendent.

Dans cette littérature, le modèle "*multi-level perspective*"² propose d'envisager la dynamique des innovations dans l'interaction entre trois niveaux : le régime socio-technique dominant, les niches et le paysage. Nous allons faire un détour par ce modèle pour appuyer notre propos.

8.1.1 Perspective multi-niveaux sur la place du savoir expérientiel et de l'OAB dans les connaissances agricoles

Le *régime socio-technique* s'apparente à un champ organisationnel, constitué d'un réseau d'acteurs (scientifiques, ingénieurs, utilisateurs, politiques, etc.) et d'institutions qui partagent des routines cognitives. Cet espace repose sur des fondements cognitifs (croyances, priorités d'action, etc.), normatifs (règles de comportement) et coercitifs (certifications, lois, etc.). Différents mécanismes stabilisent les trajectoires d'innovations : d'un point de vue technico-économique nous observons par exemple des puits d'investissements qui captent les financements, ou les avantages comparatifs de technologies déjà existantes qui font des économies d'échelle; socialement et cognitivement, les routines focalisent la pensée sur certains axes, l'alignement

2. Rapidement présenté dans le chapitre 1 et que nous détaillons plus précisément ici

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

social au reste du groupe limite les initiatives et les modes de vie des utilisateurs contraignent les actions; enfin institutionnellement les régulations et les rapports de forces politiques peuvent freiner le changement (GEELS et SCHOT 2007; GEELS 2019). Cette stabilité est dynamique, des innovations ont toujours lieu mais généralement de nature incrémentale, dans un cadre bien défini et avec plutôt une volonté d'optimisation de l'existant.

Le *paysage* est l'ensemble des forces socio-économiques exogènes qui influencent les interactions entre acteurs. Il est le fruit de structures politiques, économiques et d'idéologies, c'est un contexte qui facilite certaines parties prenantes au détriment d'autres. Il est composé de dimensions historiques, environnementales, culturelles et techniques et rassemble différents facteurs hétérogènes comme le prix de l'énergie, les relations géopolitiques, les valeurs culturelles, la croissance économique, etc. Le paysage change lentement, sur plusieurs décennies.

Enfin, les *niches* sont à un niveau micro les lieux d'innovations de rupture. Ce sont des "interstices", souvent éloignés des marchés classiques, non investis par les acteurs dominants et offrant des opportunités. Les innovations étant souvent peu stables et non performantes au départ, les niches représentent des lieux d'incubation. GEELS (2002) cite le cas de l'armée comme un exemple de niche qui a dynamisé le développement de plusieurs innovations importantes comme le radar ou l'ordinateur. Les niches ont vocation, après s'être construites et renforcées, à provoquer des transitions à l'échelle du régime (GEELS et SCHOT 2007), profitant des déstabilisations du régime (nouveaux standards, pression politique, etc.) et des opportunités s'ouvrant en conséquence. Cette idée de transition doit néanmoins être relativisée, notamment en précisant les interactions niche-régime. Par exemple, INGRAM (2015) décrit plusieurs cas d'interactions niche-régime en fonction de leur compatibilité, allant d'une intégration facile des innovations dans le régime depuis la niche, sans révolution technique (le cas des procédures de traçabilités sanitaires suite au scandale de la vache folle), jusqu'à des développements en parallèle, totalement séparés, la niche ne pouvant s'intégrer au régime car trop nouvelle et non divisible (le régime ne peut pas sélectionner certaines pratiques au détriment d'autres), sans toutefois le remplacer (exemple de la permaculture). De même, GEELS et SCHOT (2007) proposent plusieurs catégories de transitions, basées sur la temporalité de développement des alternatives et leur concordance avec les opportunités ouvertes dans le régime. Enfin, d'autres études remettent en cause l'idée même de transition claire du régime à partir des niches, pensant plutôt les changements comme un processus continu d'apprentissages et d'ajustements à partir des interactions entre régimes et niches, qui s'alimentent et se légitiment respectivement (BRÛLÉ-GAPIHAN, LAUDE et MACLOUF 2017; GARUD et KARNØE 2003). Par exemple, en retraçant l'histoire de l'agriculture biologique, BRÛLÉ-GAPIHAN, LAUDE et MACLOUF (2017) décrivent comment ce mouvement est né de la contestation de l'agriculture intensive et en tire sa légitimité. Mais surtout, ils proposent l'idée que le régime dominant ne reste pas passif face à la déstabilisation, celui-ci cherche à se renforcer en sélectionnant et intégrant les innovations produites

8. *De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public*

dans la niche qui peuvent alors paraître dénaturées. C'est ainsi que les auteurs interprètent certaines pratiques, telles que l'autorisation par le label AB³ du cuivre dans les cultures, critiquée par certains agriculteur-rices bio qui la perçoivent comme une dérive intensive de l'agriculture biologique et qui défendent la recherche d'une régulation naturelle des ravageurs en favorisant la biodiversité des parcelles. Dans ces interactions, la frontière niche-régime et la légitimité de l'innovation sont brouillées.

L'ambition ici n'est pas de développer plus en avant cette théorie, mais plutôt de voir comment cette perspective à plusieurs niveaux, régulièrement mobilisée dans l'étude des systèmes agro-alimentaires (EL BILALI 2019), nous aide à penser le rôle de l'OAB et la place des démarches participatives. Dans notre cas d'étude, nous assimilons le mode de production descendant des connaissances agronomiques au régime dominant, caractéristique de nos sociétés industrielles et du secteur agro-alimentaire correspondant. Le régime socio-technique qui s'est construit autour de l'agriculture intensive met en avant le rôle de l'expertise scientifique et des ingénieurs des instituts techniques (chapitre 1). Inversement, la participation des agriculteur-rices à la production des connaissances et la reconnaissance de ces savoirs locaux ancrés dans l'expérience sont des alternatives à ce régime dominant. C'est donc une niche productrice d'une innovation sociale mais encore concentrée dans de faibles espaces institutionnels. Mais les opportunités s'ouvrent face aux pressions environnementales et sociales concernant l'agriculture intensive et le régime agro-alimentaire correspondant. Cela s'illustre par la situation ambiguë entre d'une part la montée de la prise en compte des singularités de chaque exploitation (dans le discours de l'agroécologie par exemple), et d'autre part le développement de réglementations et guides de pratiques environnementales, renouant avec un transfert descendant de savoir standardisé (COMPAGNONE, LAMINE et DUPRÉ 2018). Cette problématique des savoirs agronomiques se situe donc au cœur des interactions entre un régime dominant actuel et le développement de niches dans lesquelles se construisent des alternatives agronomiques telles que l'agroécologie. Ces niches doivent d'ailleurs être considérées en combinaison plutôt que dans des relations simples avec le régime dominant (GEELS 2019). L'exemple des coopératives décrites par BIANCO (2018) illustre bien ce dialogue entre le régime dominant de l'agriculture intensive et les alternatives agronomiques, dont la question des savoirs produits et mobilisés. L'incorporation par les coopératives des savoirs écologiques à leur activité de conseil est caractéristique d'un transfert d'une alternative (savoirs écologiques locaux) dans le régime dominant, mais en l'adaptant aux contraintes du régime (standardisation du savoir et continuité d'un conseil descendant). De même, la démarche participative et la volonté de production d'un savoir directement actionnable par des acteurs non-scientifiques rentrent en interaction avec les savoirs scientifiques et d'expertises dominants dans nos systèmes de production (BUYTAERT et al. 2014). Dans la même perspective, SÉBASTIEN, LEHTONEN et BAULER (2017) ont interrogé dans le domaine social le défi de produire

3. Label Agriculture Biologique, propriété du Ministère de l'Agriculture et certification la plus commune en agriculture biologique

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

des indicateurs de manière participative, montrant que les différentes promesses de la démarche (diminuer la domination des processus par les experts; intégrer une diversité de points de vue et de perspectives; générer des apprentissages collectifs; atténuer les asymétries de pouvoir; favoriser l'utilisation des indicateurs par les décideurs; permettre une meilleure intégration des considérations locales et globales) sont rarement satisfaites et transforment finalement à la marge les institutions.

La vision participative proposée par l'OAB est soumise au même jeu d'interaction niches-régimes, au risque toutefois de vider la démarche participative de son caractère novateur. L'OAB est d'ailleurs déjà dans une position intermédiaire entre ces deux modes de production des savoirs, influencé par les deux champs. Ainsi, l'objectif initial d'accumulation de données pour la recherche scientifique et de réalisation d'un suivi national de la biodiversité agricole s'inscrit dans une vision descendante de la production des connaissances, avec l'idée qu'une meilleure connaissance générale et que des bilans nationaux pilotés par l'action publique permettront d'insuffler des changements de pratiques. Historiquement la démarche participative est venue s'ajouter à l'OAB, en partie comme solution au manque de données et poussée par le développement de ces programmes au Muséum. Les idées concernant l'apprentissage des participants et l'élaboration dans la pratique d'observation d'un savoir expérientiel sont alors intégrées aux réflexions. Les résultats du chapitre 6 illustrent cette position médiane de l'OAB. Ils révèlent la place faite aux participants et les possibilités d'appropriation du programme, mais aussi les contraintes dues aux objectifs d'accumulation de données. Les différentes utilisations de l'OAB sont d'ailleurs très caractéristiques de ces deux dynamiques. Par exemple, certains réseaux se concentrent essentiellement sur un usage comme outil d'animation, à destination des agriculteur-rices afin qu'ils/elles explorent des éléments peu connus de leurs parcelles et engagent des dynamiques d'apprentissages sur la biodiversité. Les discours lors des réunions, séminaires et interviews sont très orientés vers le ressenti des participants (résultats tirés des carnets de notes). A l'inverse, les protocoles de l'OAB ont aussi été intégrés à des initiatives à destination des acteurs des filières agro-alimentaires, dans le but de produire des indicateurs d'état et de gestion de la biodiversité agricole. Certaines coopératives ont intégré les protocoles de l'OAB dans des chartes de production. Or les discours de présentations de ces initiatives mettent l'accent sur la production d'indicateurs pour la filière. Les protocoles standardisés ont pu facilement s'intégrer aux logiques d'actions de ces organisations. Les agriculteur-rices réalisant les protocoles sont rendu-e-s invisibles dans les discours, devenant les maillons d'une chaîne de production d'un savoir plus détaché du terrain. Le même constat est réalisable concernant la production de tendances nationales de la biodiversité ou encore sur les volontés de certaines collectivités à identifier des pratiques vertueuses sur leur territoire : ces analyses statistiques peuvent facilement effacer les participants, s'intégrant alors majoritairement dans des logiques institutionnelles ou de recherche fondamentale. Ces approches ne sont pas sans vertus, mais elles restent dans un cadre classique de production des connaissances. Elles n'interrogent pas le schéma descendant et peuvent donner un sentiment de "vernissage participatif" sur des démarches

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

conventionnelles. Il faudrait bien sûr approfondir l'analyse pour comprendre la réalité et l'importance de ce "verniss" et observer au cas par cas si ces initiatives favorisent et légitiment ou non le développement d'un savoir expérientiel. Par exemple, notre expérience au sein de la recherche à l'échelle nationale nous permet d'établir que d'une part, celle-ci repose sur l'accumulation de données issues de protocoles standardisés ayant donc autant un caractère contraignant qu'habilitant (chapitre 6). Cependant, d'autre part, la recherche nationale participe à l'animation nationale de l'OAB, qui reconnaît la place des agriculteur·rices et s'applique donc à faciliter leurs apprentissages. Nos données ne nous permettent pas de tirer autant de conclusions sur les autres cas observés. Néanmoins, la littérature sur la dynamique des innovations nous rappelle la possibilité de déviation des innovations et nous amène à garder un œil critique sur les discours et pratiques. Il ne faut pas rester au stade des injonctions de participations mais bien s'interroger sur les véritables bénéficiaires de chaque démarche.

8.1.2 Faire monter en capacité l'individu ou l'organisation

La majorité des démarches participatives veulent produire un savoir pour les participants. Elles ambitionnent de les faire monter en capacité, d'augmenter leurs "*capabilités*" au sens d'Amartya SEN (1992) c'est-à-dire d'augmenter leurs possibilités d'action et de réalisation de leurs choix. Or les mobilisations des données participatives nous interrogent : qui font-elles réellement monter en capacité? Les individus participants ou les organisations?

Les observations dans le cadre de l'OAB illustrent ces différents cas. Certains réseaux ont des approches directement avec les agriculteur·rices pour mieux comprendre leur système d'exploitation. Ils portent des démarches orientées vers l'apprentissage individuel et le développement des possibilités d'action, apportant ainsi des connaissances "situées" sur la biodiversité. A l'inverse, les démarches de certaines coopératives et de la recherche fondamentale s'intègrent aux procédures et aux outils développés et utilisés par les différentes organisations (ministère, coopératives, instituts de recherche...) sans pour autant produire un savoir actionnable et mobilisable par les participants. Compatibles avec les procédures de ces organisations, ces savoirs viennent leur fournir un sentiment d'action mais ne nous paraissent pas garantir un effet important auprès des individus, pourtant théoriquement au centre d'une démarche participative.

Afin de conserver un regard critique dans ces démarches, l'idée d'intentionnalité des savoirs nous paraît une piste fertile. L'intentionnalité serait la "*capacité particulière de l'individu de se forger des représentations, conscientes ou non, de son environnement c'est-à-dire de prendre conscience de la situation dans laquelle il évolue pour construire une organisation en cohérence avec son projet et son environnement*" (SCHMITT et FILION 2015 cité par KUSTOSZ 2021). On réfléchit alors aux connaissances à construire dans le cadre d'un projet (BOUTINET et BRÉCHET 2018), qui encastre et situe les savoirs vers une volonté de développer une capacité d'action. KUSTOSZ (2021) parle à l'échelle des territoires de savoirs "*projectifs*", construits dans une visée transformatrice et la

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

réalisation de projets communs. C'est un cadre interprétatif intéressant pour aller questionner les capacités d'action que veulent développer les savoirs. Nous constatons alors que les filières construisant des indicateurs à l'aide de l'OAB développent un projet bien différent des réseaux locaux où les animateur·rices travaillent de manière individuelle avec chaque agriculteur·rices à interpréter les observations. Ces savoirs n'ont pas la même intentionnalité et ne sont pas situés à la même échelle. Il serait d'ailleurs présomptueux de vouloir les hiérarchiser. Il s'agit néanmoins de reconnaître que la première version du projet reste plus conforme à nos modes de production des connaissances classiques et sera plus facilement légitimé et privilégié⁴ au risque d'éclipser les autres savoirs.

Pour autant, les dynamiques et résultats des interactions niches-régimes dépendent fortement des contextes locaux et de nombreuses zones d'incertitudes subsistent (BUI et al. 2016). Ainsi, INGRAM (2018) pointe par exemple le manque d'études sur le rôle des connaissances dans les interactions niche-régime et les dynamiques qui en ressortent. Or les incertitudes inhérentes à la complexité et la contingence du savoir écologique demandent aux agriculteur·rices mais aussi aux professionnels des systèmes de connaissance, tels que les professeurs, conseillers et scientifiques, de repenser leur rapport au savoir (COQUIL et al. 2018). Les perspectives agroécologiques et les démarches participatives paraissent donc fertiles pour explorer ces questions et appellent à de futures études.

8.2 Réfléchir au positionnement de la recherche dans les démarches participatives

Nous avons décrit en quoi les formes classiques de production des connaissances, dominantes dans notre régime industriel, entrent en interaction avec les nouvelles formes de savoir et les démarches participatives. Ayant porté une position de chercheurs dans un processus de recherche participative, nous poursuivons cette discussion à l'aide de la pensée d'Isabelle Stengers (STENGERS 2013; DEBAISE et STENGERS 2017) pour éclairer notre situation et discuter de la place du savoir scientifique.

Philosophe des sciences, elle appelle à un ralentissement des sciences et à une participation plus profonde du public dans la question scientifique. Elle parle ainsi d'un "amatorat distribué", un public⁵ concerné par les enjeux des recherches et pouvant apprécier l'originalité et la pertinence de propositions, tout en prêtant attention à des enjeux ou des possibles ignorés, mais qui pourraient devenir importants. Il ne

4. Ces savoirs diagnostics ne sont pas inutiles dans une perspective d'écologisation des pratiques, ils participent d'une montée en puissance et d'une légitimation de ces enjeux. Il s'agit néanmoins de rester réaliste sur leur périmètre d'action.

5. Au sens de DEWEY (1927), c'est à dire d'un groupe affecté positivement ou négativement par une activité et qui développe en conséquence des compétences et une possibilité de manifester ses jugements.

8. *De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public*

s'agit pas ici de tout relativiser, au contraire. La construction de tels "alliés", d'une "intelligence publique" des sciences, serait au contraire d'une grande aide dans nos sociétés saturées d'informations. Les démarches participatives nous paraissent un excellent moyen pour construire ces partenaires.

Cependant, comme le rappelle la philosophe, de tels alliés se méritent : les scientifiques doivent rendre compte de leur choix sur un mode qui autorise cette intelligence. Les chercheurs ont l'habitude de travailler en anticipant les objections de leurs pairs, virtuellement présents derrière les analyses et dans les laboratoires (LATOURET 1989). Les sciences qu'elle caractérise de "rapides" reposent ainsi sur la réussite d'une "transplantation" : ce qui est étudié est isolé et extrait de son milieu en vue d'analyses "objectives" pouvant être validées par les pairs. Mais sont ignorées toutes les questions qu'exclut cette transplantation. La science rapide est par ailleurs dominante dans nos sociétés industrielles : *"Ce qui caractérise la science rapide n'est pas son isolement mais le caractère activement et délibérément raréfié de son milieu. La science rapide forme des professionnels privés de tout équipement intellectuel et imaginatif qui leur permettent de se situer sur un mode qui ne soit pas celui superficiel du jugement. Ils seront donc portés à démembrer les préoccupations qu'ils ignorent, qu'ils opposent aux dimensions objectives, rationnelles, du problème, le reste étant complications secondaires, subjectives ou arbitraires. Ce mode de démembrement est symbiotique des intérêts de l'industrie, qui ignore aussi ce qui complique ses opérations."* (STENGERS 2013, p.102).

Or créer cette intelligence des sciences, mener des recherches participatives, c'est conjuguer un "être situé" dans son appartenance à un collectif scientifique (la place du chercheur vis-à-vis de ses pairs), avec une volonté de chercher à "se situer" activement avec d'autres rapports, différents de celui de capture du savoir (présent dans la transplantation). La philosophe le précise, il ne s'agit pas de l'idée d'un scientifique "responsable", devenu capable de répondre des conséquences de ce que sa science permet d'envisager, mais plutôt d'affirmer la non-fiabilité hors du laboratoire des modes d'abstraction scientifique : *"Prolonger "au-dehors" les valeurs rationnelles auxquelles il [le scientifique] tient devrait le mener à accepter et même à désirer un tout autre type d'épreuve : apprendre à rencontrer de manière civilisée tout autres types de "faits", portés par ceux dont dépend ce que les conséquences de ses propositions auront de fiabilité.[...] La fiabilité d'une proposition scientifique est une qualité rare et précaire, étroitement dépendante de l'environnement purifié et étroitement contrôlé qu'habitent les collègues compétents, des collègues dont la compétence n'existe que relativement à cet environnement. En quittant cet environnement une proposition laisse derrière elle sa fiabilité et ne regagnera une certaine fiabilité dans son nouveau site d'implantation que dans la mesure où des contraintes sociales et politiques l'exigeront"* (STENGERS 2013, pp.106-107).

C'est bien cette deuxième étape qui est un passage clé pour développer des démarches participatives innovantes, qui ouvrent vraiment la voie à une co-construction

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

des savoirs. En particulier, la philosophe insiste sur le fait que ce défi de prolonger la fiabilité d'une proposition scientifique, de vérifier sa pertinence dans chaque situation particulière, demande autre chose qu'une simple bonne volonté. Il faut pouvoir conférer à chaque situation la même importance, de considérer que là aussi un savoir se cherche. C'est dans cette démarche qu'elle parle d'"intensifier le sens des possibles" (DEBAISE et STENGERS 2017) : autoriser l'irruption d'autres manières de sentir, de penser, d'agir; tout en gardant une contrainte pragmatique, liée à l'expérience. Il s'agit bien de la reconnaissance d'un autre savoir, que l'on pourrait qualifier d'"expérientiel" et à qui il faut pouvoir laisser un espace de discussion. Ce co-apprentissage entre chercheurs et participants exige de se dépouiller des économies de pensée qui autorisent d'avoir raison contre les autres et appelle plutôt à penser et imaginer ensemble.

Les démarches participatives constituent selon nous une voie pertinente pour développer cette co-construction de savoir et cette hésitation collective. Elles demandent néanmoins de repenser le rapport entre les scientifiques et le public mobilisé. Il est important de conserver l'idée que c'est un mode de production de savoir qui cherche à faire évoluer nos habitudes et qui se confronte avec le régime de pensée dominant. Pour aller jusqu'au bout de ces démarches il faut donc garder l'esprit attentif sur les savoirs réellement produits dans nos démarches et sur ce qu'ils autorisent. La pensée d'Isabelle Stengers nous paraît ainsi inspirante pour repenser le positionnement des chercheurs : garder en mémoire la fragilité des propositions scientifiques et leurs modes d'abstraction particuliers (la capacité des statistiques à effacer les particularités de chaque situation, le réductionnisme de certaines expériences focalisées sur seulement quelques paramètres, etc.) permettra d'autant plus d'aller les confronter auprès des participants. A l'issue de ce travail, nous estimons que c'est dans ces confrontations et hésitations collectives que les démarches participatives développeront au mieux les capacités d'action des participants.

Toutefois ces démarches ne sont pas que des programmes de recherche. L'OAB est également un instrument d'action publique initié et financé par le Ministère de l'Agriculture. Nous terminerons donc cette discussion sur la place de l'OAB dans le management public et face aux enjeux de transformations écologiques des pratiques agricoles.

8.3 Intégration de l'OAB dans la transformation écologique des pratiques agricoles : place des savoirs produits et cohérence dans l'action publique

Ces travaux avaient pour objectif d'étudier les apports d'un outil comme l'OAB à la compréhension des dynamiques de la biodiversité agricole, mais aussi son rôle dans l'écologisation des pratiques agricoles. Comme programme ministériel, l'OAB s'inscrit dans l'action publique au sein du secteur agricole et nos résultats méritent

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

d'être discutés dans ce cadre.

8.3.1 Apprécier la pertinence d'un grand projet d'évaluation de la biodiversité et des pratiques agricoles

Dans ces travaux, nous sommes allés au bout d'une démarche rationaliste, cherchant à tirer des enseignements globaux de la base de données récoltées. Mais, à travers notre posture de recherche-intervention nous avons confronté directement ces savoirs aux praticiens (animateur·rices locaux et agriculteur·rices) et montré leurs limites opérationnelles. Nous avons par ailleurs constaté le saut qualitatif nécessaire aux agriculteur·rices pour développer une relation de travail différente avec la biodiversité et pour adapter leurs pratiques à la variation inhérente au vivant. Ajustant connaissances fondamentales et expériences, ils/elles développent un savoir directement lié à l'action. Les grands projets de bilans sur la biodiversité comme l'OAB fournissent alors un savoir trop éloigné de l'action, "extrait de son milieu".

Néanmoins, cela ne veut pas dire que ce savoir est inutile. Il s'intègre en effet parfaitement dans les discours et participe à construire un paysage institutionnel pour l'action en faveur de la biodiversité. Nous avons ainsi pu constater l'attrait de notre première publication sur les tendances nationales de la biodiversité (BILLAUD, VERMEERSCH et PORCHER 2020). Celle-ci nous a ouvert plusieurs opportunités de présentations auprès de groupes de réflexions (public et privé) sur ces sujets mais aussi de vulgarisation⁶ et a été mobilisée par des associations⁷ pour justifier le besoin de changements agricoles. Ces connaissances et mesures, en fournissant des prises sur un élément complexe et peu délimité comme la biodiversité, permettent une plus grande légitimité dans les discours (DÉJEAN, GOND et LECA 2004). Par ailleurs, ces méthodes de mise en chiffres pourraient également s'intégrer aux projets de comptabilité écologique⁸ et participer à la mise en valeur économique d'éléments distincts de la production agricole, comme la biodiversité. Cela peut expliquer d'ailleurs l'attrait de certaines coopératives agricoles envers l'OAB, afin de produire des indicateurs et diagnostics pour leur filière. Ces usages restent cependant intégrés dans des logiques "pour les organisations", nourrissant les discours organisationnels et l'action à leur échelle et non à celle des individus. Or, d'une part les savoirs en gestion ont démontré l'autonomie des organisations par rapport aux individus (encadré 4 chapitre 2; MACLOUF 2020). D'autre part nous avons observé le saut nécessaire dans la relation entre les agriculteur·rices et la biodiversité pour accompagner les changements de pratiques. Toutefois, ce saut n'est pas entièrement objectivé, il se nourrit de l'expérience de l'agriculteur·rice. La

6. <https://theconversation.com/du-tracteur-au-carnet-de-comptage-un-projet-de-sciences-participatives-100-agricole-146882>

7. <https://osez-agroecologie.org/les-premiers-resultats-de-lobservatoire-agricole-de-la-biodiversite-confirment-de-declin-de-la-biodiversite-dans-les-parcelles-agricoles-168-actu-181>

8. Voir les travaux de la Chaire Comptabilité Écologique : <https://www.chaire-comptabilite-ecologique.fr/>

8. *De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public*

question serait donc de connaître la capacité de la comptabilité écologique à entraîner ce type d'évolution chez les individus. Le lien entre comptabilité écologique pour l'organisation et le développement des capacités individuelles mérite donc d'être constamment vérifié. Nos travaux ne permettent pas d'apprécier la pertinence ou non d'un usage de l'OAB dans une logique de comptabilité écologique.

Face aux enjeux écologiques et au besoin de développer un savoir pratique adapté à la contingence du vivant, il est selon nous important de travailler sur les capacités d'actions des agriculteur·rices et animateur·rices au plus proche des territoires. Et donc d'être lucide concernant les types de savoirs créés et leurs liens avec l'action. Un projet comme l'OAB nous a montré sa capacité à produire des savoirs de différents types, que nous avons qualifié de diagnostic et expérientiels (KUSTOSZ 2021). L'interprétation des observations est également susceptible de faire appel à des savoirs naturalistes et agronomiques, plus fondamentaux et précis. Si leur complémentarité est évidente dans l'objectif global de transformer les pratiques agricoles, nous pensons qu'un programme comme l'OAB, basé sur une démarche participative, à la particularité et l'intérêt de favoriser le développement d'un savoir expérientiel produit dans l'action. Son objectif d'état des lieux de la biodiversité agricole à l'échelle nationale lui donne une dimension importante permettant d'intéresser de nombreuses parties prenantes du monde agricole. Mais elle le menace également de tomber dans les travers d'une d'évaluation trop "mécaniste". Plusieurs travaux sur l'évaluation de l'action publique sont inspirants à cet égard, interrogeant une meilleure utilisation des connaissances face à des questionnements de vérité scientifique et d'utilité pratique. Ainsi, ils révèlent les erreurs dont pâtit la pratique d'évaluation classique et qui peuvent être des axes de vigilance pour l'OAB (CHANUT 2002; CHANUT 2010) :

- asymétrie des rapports entre centre et périphérie, l'administration centrale finissant par demander des comptes aux services déconcentrés. Le cas n'est pas présent dans l'OAB et son organisation participative et volontaire le préserve de cette asymétrie, en donnant un poids important aux participants, sans qui le programme n'existerait pas;
- tendance à l'abstraction et détournement des expérimentations pour favoriser des généralisations théoriques. C'est un risque dans l'OAB, les savoirs diagnostics produits à des échelles importantes reposent sur cette logique. Ici aussi maintenir des libertés d'action au niveau des participants permet de garder des espaces d'expérimentations localement. L'enjeu serait alors de faire diffuser ces expérimentations;
- routinisation de la mise en œuvre de protocoles souvent peu interactifs. Ici également l'OAB est concerné. Les protocoles ont un caractère contraignant, potentiellement routinier (bien que par nature les observations naturalistes soient assez variables). L'animation est primordiale pour aider à donner du sens aux observations naturalistes et à maintenir une dynamique d'apprentissage;
- faible implication politique et conformation à des standards. L'OAB n'est pas un programme isolé et doit être remis en contexte dans une politique de développe-

8. *De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public*

ment et de transformation écologique de l'agriculture.

A l'inverse, une évaluation pragmatique est proposée, considérant l'évaluation dans l'action afin de produire des "connaissances situées" (CHANUT 2010). L'ambition est de pouvoir apprécier chemin faisant les contributions des acteurs aux projets encore faillibles et transitoires. Ces démarches ont également l'avantage de bien s'intégrer dans des situations de gestion instables où les acceptabilités des politiques et décisions sont contestées : en portant l'attention sur les apprentissages, elles aident à construire une action collective. C'est pourquoi nous pensons que l'OAB a tout intérêt à se focaliser sur le développement de savoirs expérientiels et de proposer une vision de l'évaluation de la biodiversité à de petites échelles spatiales, afin de l'ancrer directement dans l'action des participants en train de se faire.

8.3.2 L'OAB doit s'intégrer dans une action publique plus globale, visant à libérer des espaces d'actions aux agriculteur·rices

Grâce à sa stratégie basée sur le volontariat, l'OAB est un instrument d'action publique qui concerne de nombreux individus, pour un investissement financier très faible. Malgré ce sentiment d'efficacité il faut rester réaliste sur sa portée, celui-ci ne représente généralement pas un investissement de temps important pour les participants. Par ailleurs, les agriculteur·rices participant·e·s restent intégré·e·s au régime de production de l'agriculture intensive. Ils/elles sont encadré·e·s (à des degrés variables) dans un système éco-socio-technique susceptible de fortement limiter leur marge de manœuvre. Une action publique visant une transformation écologique des pratiques agricoles ne peut donc se reposer seulement sur des outils comme l'OAB. Ce programme amorce des échanges, entraîne des dynamiques d'apprentissage sur la biodiversité mais il faut pour cela ouvrir des espaces d'action et d'expérimentation aux agriculteur·rices.

Aujourd'hui, face aux remises en question sociale et environnementale le régime de l'agriculture intensive est contraint de changer. Toutefois, la situation actuelle est différente de la phase de modernisation agricole, avec un secteur privé plus développé, qui a pris une place importante dans la production de connaissance⁹. Ainsi, la multiplication du nombre et du type d'acteurs impliqués complique la compréhension des changements. L'agriculture est hétérogène, partagée entre les alternatives à l'agriculture intensive et les diverses adaptations du modèle dominant, variant selon les acteurs concernés. Les dynamiques de changement ne sont pas que du ressort de l'action publique et méritent d'être analysées du point de vue des initiatives privées également (BUSCA et VIDAL 2015). Cependant, l'action publique reste encore très importante dans le secteur agricole, avec par exemple les nombreuses institutions issues de la modernisation agricole (comme les chambres d'agriculture). Elle a donc les moyens d'initier des actions d'ampleur sur ces sujets. Cette action doit néanmoins

9. Rappelons par exemple que ces travaux sont financés grâce à un mécénat du Crédit Agricole

8. De la possibilité de production et de légitimation d'un savoir expérientiel dans un régime industriel : perspectives stratégiques et rôle de la recherche et du management public

prendre en compte l'ensemble du régime autour des activités agricoles et la difficulté pour prédire les effets de ses actions. Ainsi, porté par le ministère et le réseau des chambres d'agriculture, l'OAB a pu se déployer et s'adresser à un grand nombre d'acteurs agricoles, publics et privés. Nous avons montré que celui-ci s'intègre et s'adapte aux différents contextes de mise en place. Ses effets vont cependant dépendre des situations locales, des synergies possibles avec d'autres dynamiques sur le territoire. Ces constats appellent d'autres études, pour mieux comprendre nationalement et sur les territoires la cohérence des outils et politiques publiques entre elles et avec les initiatives privées.

8.4 Conclusion du chapitre 8

Dans ce chapitre de discussion nous avons pris un peu de recul sur les résultats pour les replacer dans leur contexte. Nous avons ainsi expliqué que la démarche participative et la mise en avant de savoirs expérientiels sont des innovations pour notre régime industriel dominant qui est initialement basé sur une production des savoirs descendante. La recherche en stratégie de l'innovation invite alors à penser les interactions entre ces innovations et le régime dominant ainsi qu'à leurs transformations respectives. Par ailleurs, l'OAB fournit des exemples de ces deux tendances, entre d'une part certains réseaux totalement centrés sur les apprentissages des agriculteur·rices et d'autre part les volontés d'accumulation de données (ministère et coopératives) pour produire des bilans plus généraux, nourrissant la capacité d'action de l'organisation et non des individus. Travailler avec le vivant nécessitant un savoir adapté à sa complexité et à ses variations il est important de valoriser la production de ce savoir expérientiel. A partir de la pensée de la philosophe des sciences Isabelle Stengers nous avons rappelé la fragilité des propositions scientifiques et leurs modes d'abstraction particuliers. Nous avons ainsi insisté sur la nécessité pour la recherche de conserver des espaces d'échanges avec d'autres manières de sentir et de réfléchir, en particulier dans des démarches participatives. Enfin, nous avons terminé en discutant du rôle de l'OAB dans l'action publique pour l'écologisation des pratiques agricoles. Comme grand projet d'évaluation celui-ci peut rentrer dans plusieurs problèmes qui l'éloigneraient de l'action collective. Nous pensons donc que l'OAB a tout intérêt à profiter de son caractère participatif et à se focaliser sur le développement de savoirs expérientiels afin de s'ancrer directement dans l'action de ses participants.

Conclusion

Au fil de ces travaux de thèse, nous avons sondé l'Observatoire Agricole de la Biodiversité cherchant à comprendre comment celui-ci s'intégrait aux dynamiques de transformation écologique des pratiques agricoles. Pour cela nous sommes partis en quête des savoirs produits par le programme.

En prospection dans les données récoltées d'une part, nous avons conduit deux études statistiques à l'échelle métropolitaine, profitant de la base de données récoltée pour introduire une dimension temporelle aux relations entre biodiversité et pratiques agricoles. Nous avons ainsi identifié plusieurs tendances temporelles en abondance des groupes taxonomiques étudiés dans l'observatoire et corrélé ces tendances à certaines pratiques agricoles, ainsi qu'à la présence d'éléments forestiers dans le paysage. De même, nous avons aussi montré l'influence des cultures à floraison massive, en particulier du colza, sur la reproduction des abeilles solitaires dans les nichoirs installés.

En exploration d'autre part, nous avons mené une enquête sociale pour mieux comprendre le rôle de l'OAB auprès des participants. Nous avons ainsi décrit comment différents participants pouvaient s'approprier le programme en fonction de leur contexte, signe d'un certain succès de l'OAB qui entraîne apprentissages et questionnements. Puis, nous avons identifié parmi les agriculteur·rices interrogé·e·s et participant·e·s au programme deux relations vis-à-vis de la biodiversité. Pour les uns celle-ci s'apparente à un patrimoine qu'il faut protéger, mais dont l'action reste peu considérée dans les prises de décisions agronomiques. Alors que d'autres agriculteur·rices ont développé une relation de confiance à son égard, intégrant son activité, bien qu'encore mystérieuse, à leurs itinéraires techniques. Enfin, nous avons pris du recul en discutant la place de ces savoirs. Nous avons ainsi pointé la position particulière et novatrice des savoirs expérientiels (favorisés par la dimension participative) dans un régime industriel construit sur une production essentiellement descendante des connaissances. Nous avons alors insisté sur la place intermédiaire de l'OAB qui selon les contextes et les dispositifs organisationnels soutien la production de savoirs expérientiels novateurs ou de savoirs diagnostic plus intégrés aux procédures organisationnelles industrielles. Cela nous a amené à poser un point de vigilance, les travaux de sociologie des innovations nous révélant les évolutions et déviations possibles des démarches participatives en interaction avec un régime industriel dominant. En

particulier, dans une optique de transformation écologique des pratiques et face au saut qualitatif observé chez certains agriculteur·rices, nous nous sommes positionnés pour focaliser l'OAB sur la production d'un savoir expérientiel. En effet, ce saut vis-à-vis de la biodiversité repose grandement sur l'expérience des agriculteur·rices et la démarche participative de l'OAB lui donne justement l'opportunité d'agir à ce niveau.

Enfin, pour étudier l'OAB nous avons fait dialoguer deux disciplines scientifiques, l'écologie et les sciences de gestion. En conclusion nous allons revenir sur les apports de ces travaux pour chaque discipline et sur l'intérêt de cette fertilisation croisée. Nous terminerons sur les apports concernant l'OAB en réfléchissant à d'autres formes potentielles du programme.

Apports pour l'écologie

Nos deux études ont permis de montrer l'intérêt des sciences participatives pour le suivi temporel et sur de grandes échelles spatiales de la biodiversité. En établissant des corrélations entre les tendances temporelles de la biodiversité et certaines pratiques agricoles, dont l'utilisation d'intrants chimiques, nous avons rajouté une dimension temporelle aux liens entre pratiques agricoles et biodiversité. Cela contraste avec de nombreuses études souvent limitées à de faibles échelles spatiales et temporelles. Cette étude révèle des tendances en abondance plutôt en baisse à l'échelle nationale, rejoignant les inquiétudes sur la diminution des invertébrés. Si l'utilisation d'intrants chimiques est reliée à ces diminutions, en particulier pour les taxons volants, d'autres pratiques ont également été identifiées. Néanmoins, ces analyses permettent aussi d'ouvrir des pistes d'amélioration. Ainsi, les tendances décroissantes des taxons volants dans les parcelles les plus intensives se stabilisent voire augmentent dans les parcelles moins utilisatrices d'intrants chimiques. Cela nous montre que même sur des périodes de temps assez courtes, des changements de pratiques relativement légers peuvent déjà soutenir la biodiversité et permettre une augmentation en abondance des abeilles solitaires et papillons étudiés dans l'OAB. Cette étude souffre cependant de plusieurs limites liées à son caractère participatif, en particulier d'une faible précision taxonomique. Les tendances observées sont donc susceptibles de cacher des disparités entre différentes espèces et méritent d'être plus explorées dans ce sens.

Par ailleurs, notre deuxième étude a mis en évidence des liens entre les cultures à floraison massive et la reproduction des abeilles solitaires observées dans l'OAB. Nous avons constaté que la surface de colza était corrélée positivement avec l'abondance d'opercules (signe d'un nid d'abeille) l'année suivante. Cela suggère que ces cultures peuvent également favoriser une partie de la biodiversité et que cet effet se traduit sur plusieurs années. Cette étude met donc en avant l'importance de considérer une dimension temporelle dans l'analyse des relations entre les cultures à floraison massive et la biodiversité. Cependant, de même que pour l'étude précédente, il faut rester prudent sur les conclusions car nous manquons de précision taxonomique. Ainsi nous n'avons pas noté de relation avec les cultures de tournesol, ce qui laisse supposer soit

que cette culture ne fournit pas une ressource florale intéressante pour les espèces étudiées, soit que ces espèces d'abeilles solitaires sont principalement printanières, donc en vol alors que le tournesol n'est pas en fleur. Enfin, il ne faut pas surinterpréter les résultats. Les relations observées entre la biodiversité et les cultures à floraison massive sont plus faibles que celles concernant la surface de prairies permanentes, suggérant que conserver les prairies permanentes reste un moyen plus intéressant pour préserver une partie de la biodiversité agricole.

Enfin, notre enquête auprès des participants de l'OAB a été source de connaissances nouvelles en écologie. En mobilisant des concepts des sciences de gestion, nous avons présenté un regard nouveau sur les programmes de sciences participatives de suivi de la biodiversité qui ont pris de l'ampleur en écologie. Dans le cas de l'OAB, nous avons ainsi précisé les réalités auxquelles les idées de "production de données par les citoyens" et de "sensibilisation" renvoient. Cette démarche a ainsi dévoilé les mécanismes et disparités inhérentes aux objectifs classiques des sciences participatives, travaillant dès lors à ne pas les laisser à l'état de métaphysique d'action. Nous avons mis en évidence comment l'OAB est approprié par les participants en fonction de leur contexte organisationnel. Ces appropriations amènent à des utilisations variées du programme et nous permettent de mieux comprendre comment un programme de science participative s'insère dans des activités professionnelles (agricoles ici). Nous avons mis en évidence les modes variés d'interprétation des données par les participants, selon leurs objectifs, leur échelle d'étude et leur approche de la biodiversité. Cela montre que la production des données et la sensibilisation sont des réalités auxquelles il faut donner corps. Elles ne sont pas découplées des réalités matérielles et sociales dans lesquelles elles prennent place. Leur réalisation n'est pas automatique et doit faire l'objet d'une réflexion organisationnelle. Enfin, les connaissances écologiques produites dans ces programmes de sciences participatives doivent donc être également pensées dans ces contextes desquels elles ne peuvent totalement s'extraire.

Apports pour les sciences de gestion

Nos travaux ont également permis une fertilisation croisée de l'écologie vers les sciences de gestion. Nous avons mis en évidence le statut particulier de l'observation naturaliste dans l'OAB qui joue le rôle d'objet-frontière entre les acteurs impliqués. Cette observation naturaliste porte une flexibilité interprétative qui en fait un élément différent selon les acteurs et leur contexte. Si cela permet l'action entre différentes parties prenantes, cette flexibilité met aussi en évidence le besoin de réfléchir au cadre organisationnel construit autour de cet objet-frontière. Cela démontre d'une part l'importance d'acteurs tels que les animateur·rices locaux qui accompagnent l'échange et la discussion sur les observations et dynamisent la recherche de sens et l'interprétation. D'autre part cela montre également que l'OAB ne peut être une initiative isolée. Le sens donné aux observations dépend des capacités d'actions des agriculteur·rices et de leurs cadres de pensée et donc du régime institutionnel dans lequel ils/elles sont encastré·es.

Par ailleurs, nous avons aussi participé à préciser les questions d'expérience de nature chez les agriculteur·rices. Nous avons mis en évidence l'existence de deux types de relation à la biodiversité. Ces relations considèrent toutes deux la biodiversité comme un élément à préserver mais l'intègrent différemment dans les prises de décisions agronomiques. En particulier, nous avons montré que chez certain·e·s agriculteur·rices la biodiversité avait pris une place nouvelle, elle est devenue une vraie alliée à qui ils/elles font confiance. Cette confiance n'est pourtant pas évidente, la biodiversité reste encore assez mystérieuse et tous les processus de son action ne sont pas compris. L'habitude de travail avec la biodiversité se développe au fil des années, combinaison de l'expérience directe sur l'exploitation et de la mise en situation des connaissances naturalistes. Ces connaissances permettent de mieux identifier et d'observer la biodiversité sur les parcelles aidant ainsi à comprendre son action. Il y a bien là un savoir expérientiel développé dans l'action et qui n'est pas facilement objectivable. Par ailleurs, par la place construite au sein des réflexions agronomiques, la biodiversité amène également à se détacher progressivement d'autres artefacts de l'agriculture intensive, tels que le travail du sol ou l'utilisation de pesticides. Ces derniers ne sont pas totalement proscrits, mais les décisions techniques intègrent pleinement leurs potentiels effets négatifs sur la biodiversité. L'aversion au risque a alors changé : plutôt qu'une perte importante de rendement ces agriculteur·rices craignent surtout de détruire la communauté biotique qu'ils/elles ont réussi à installer sur leurs parcelles et à laquelle ils/elles ont appris à faire confiance.

Pour les sciences de gestion, ce saut qualitatif opéré par certain·e·s agriculteur·rices et les flexibilités d'interprétations autour des observations réalisées dans l'OAB nous rappellent aux propriétés particulières du vivant. La biodiversité est un élément complexe, variable et par conséquent contingent au contexte d'observation. Toute volonté de gestion doit prendre en compte ces propriétés. L'expérience et le savoir naturaliste sont primordiaux pour développer une nouvelle relation de travail avec la biodiversité. Dans un objectif d'écologisation des pratiques agricoles, ces observations questionnent le fonctionnement des initiatives telles que l'OAB. Ce dernier est un programme d'évaluation de la biodiversité agricole à l'échelle nationale qui vise à faire un bilan à l'échelle nationale, à apporter des données à la recherche et à mobiliser les acteurs sur le sujet de la biodiversité. Nos résultats montrent que l'OAB se situe dans une position intermédiaire entre la production de savoirs expérientiels directement dans l'action des agriculteur·rices et la production de savoirs diagnostics plus conformes à un mode de production des connaissances descendants, habituels du régime industriel. Les propriétés du vivant et les observations sur les relations entre les agriculteur·rices et la biodiversité révèlent l'intérêt pour l'OAB, en tant de programme participatif, d'aller plus loin dans la démarche de production de savoirs expérientiels. L'évaluation des pratiques et de la biodiversité doit viser à apprécier chemin faisant l'activité agricole et à aider à construire une action collective dans un environnement incertain (comme par exemple apprendre à faire confiance à la biodiversité). Les bilans à grande échelle, bien qu'intéressants pour la construction d'un

paysage institutionnel favorable, restent trop éloignés de l'action. C'est au contact direct des agriculteur-rices et animateur-rices locaux que l'OAB devrait profiter de son caractère participatif pour travailler sur la production de savoirs plus "situés".

Imaginer un autre observatoire pour ouvrir des horizons

Nous terminons finalement ces travaux par un exercice de pensée sur l'OAB. Soyons ambitieux et songeons comment l'OAB aurait pu (ou pourrait) se déployer pour aller jusqu'au bout d'une démarche participative et de promotion des capacités d'action de ses participants. Il ne s'agit pas de dire à quoi l'OAB devrait ressembler¹⁰ mais plutôt d'attiser les idées dans un axe qui nous paraît novateur pour nos sociétés et qui puisse servir d'inspiration pour le programme.

En premier lieu, il est important de conserver la fonction habilitante de l'outil de gestion. C'est parce que les protocoles et procédures sont standardisés (légitimité scientifique) et simplifiés que les participants peuvent s'investir facilement dans les observations. C'est une porte d'entrée vers le savoir naturaliste dans un milieu agricole qui n'y est pas toujours habitué. Les protocoles déjà présents dans l'OAB sont très intéressants de ce point de vue. Cependant, la standardisation a aussi un caractère contraignant, focalisant la pensée sur certains aspects de la biodiversité et des pratiques agricoles. Pour dépasser cette dualité, nous pourrions imaginer une approche dynamique des protocoles avec des protocoles "d'entrée", simplifiés pour être réalisés facilement et amener un premier apprentissage, puis qui évolueraient au fil des années de participation et selon la dynamique du réseau local. Cela pourrait prendre la forme de différents niveaux d'exigences d'identification naturaliste, de plus en plus précis. Ces niveaux seraient emboîtés les uns dans les autres, afin qu'on puisse dégrader les informations plus fines pour les comparer à celles plus grossières. Augmenter la précision d'identification naturaliste aurait deux avantages. D'une part l'aspect progressif aurait une vertu motivationnelle et pédagogique. La progression permet de mettre en évidence les apprentissages des participants et d'alimenter la motivation en évitant une routine insipide. L'exemple du protocole papillons auprès de certains agriculteur-rices ayant progressé dans l'identification montre qu'une reconnaissance taxonomique plus précise permet de plus facilement observer des différences et des changements au fil des années et ainsi de tirer une plus grande satisfaction des protocoles. Ensuite, proposer différentes modalités d'identification élargit le champ du possible pour les participants et permet aussi de comparer localement des observations avec des précisions diverses. Ces comparaisons ouvriraient des perspectives de discussions et de mises en lumière des connaissances naturalistes nécessaires à l'identification des espèces. Ensuite, un deuxième avantage serait de faciliter l'interprétation des observations. Localement mais aussi nationalement, puisque nous avons vu qu'une limite importante des études menées venait de leur approxima-

10. Inspirons-nous d'Isabelle Stengers et restons humbles, la réalité d'un tel programme ne dépend pas que de notre étude scientifique mais aussi d'un paysage matériel, institutionnel, etc.

tion taxonomique. Scientifiquement, plus d'informations sur les espèces autoriserait des études sur d'autres mesures et dimensions de la biodiversité (autre que l'abondance), par exemple la diversité fonctionnelle ou phylogénétique. En termes d'études fondamentales nous pourrions par exemple essayer de mieux comprendre l'effet de certaines pratiques sur des communautés fonctionnelles. En retour cela permettrait alors aussi de mieux comprendre les mécanismes par lesquelles des intrants comme les pesticides peuvent avoir des effets négatifs indirects sur les rendements en perturbant la biodiversité.

Une autre voie d'évolution serait de développer des expériences localement dans certains réseaux, en partenariat avec les activités de recherche, sur l'exemple des "expériences socio-écologiques" (GABA et BRETAGNOLLE 2020). Le but serait alors de développer un savoir fondamental sur les liens entre biodiversité et agriculture par des expériences à l'échelle du territoire et mobilisant les agriculteur-rices dans la réalisation de ces expériences (pour réaliser des gradients de pratiques à l'échelle du territoire). Tout ne serait pas forcément réalisé au sein de l'OAB, cela pourrait aussi se faire via des partenariats avec des instituts situés près des réseaux locaux. Encourager le développement de connaissances naturalistes de plus en plus précises est également cohérent avec la construction d'une relation différente avec la biodiversité et pour laquelle nous avons illustré l'importance du savoir naturaliste. Enfin, cette vision dynamique des protocoles amènerait à évaluer la participation à l'OAB à travers les flux d'agriculteur-rices entrant-e-s (est-ce que ce flux est stable voire en augmentation?) et sortant-e-s (combien de temps restent-ils/elles dans l'OAB? vont-ils/elles vers d'autres protocoles et d'autres programmes?) et non plus sur la continuité de participation des individus : le but ne serait plus de faire rester le plus longtemps les participants dans le programme mais plutôt de les faire évoluer vers d'autres démarches.

Par ailleurs, dépasser la simple standardisation des protocoles questionne la production de savoir à partir d'analyses statistiques de ces données, qui ne deviendraient pas toujours "comparables". Ce qui est pourtant un objectif important aujourd'hui, puisque l'OAB veut aussi faire un bilan à l'échelle nationale. Cependant, nous avons vu la difficulté pour rendre ce savoir opérationnel auprès des agriculteur-rices. Il semble utile surtout à une échelle institutionnelle pour engager des volontés politiques. Dans notre expérience de pensée la démarche serait donc plutôt de relativiser l'importance de ce savoir et de promouvoir le savoir expérientiel produit sur le terrain. Deux places de la recherche semblent alors envisageables. Nous avons déjà cité les "expériences socio-écologiques" qui cherchent toujours à produire un savoir scientifique (reposant sur une fiabilité scientifique décrite par Stengers), mais avec la participation directe des agriculteur-rices dans la réalisation des expériences. La fiabilité du savoir serait donc plus facilement confrontée aux hésitations et aux questionnements des agriculteur-rices. Une seconde méthode serait d'aller à la rencontre des différents systèmes d'exploitation participant à l'OAB dans l'idée de comprendre finement ces différents cas d'études et leurs fonctionnements. Le savoir développé serait un "savoir clinique"

lié à chaque cas d'étude mais pouvant servir d'inspiration, pour les expériences plus fondamentales par exemple. La méthode des cas d'études est d'ailleurs encouragée par certains écologues de la conservation (SHRADER-FRECHETTE et MCCOY 1993). Le travail de recherche serait alors d'aller décrire et comprendre le plus finement possible ces différents cas. Enfin, ce mode de fonctionnement devrait participer activement à transmission des savoirs. La méthode des cas doit permettre d'illustrer différentes situations qui puissent servir d'inspirations sur d'autres exploitations. Il s'agit d'offrir un moyen de partage et de discussion, bref un lieu d'hésitation collective. Ainsi, l'OAB pourrait servir de support au développement d'une plateforme d'échange¹¹ sur les relations entre biodiversité et pratiques agricoles. Le travail de recherche et d'animation auprès des participants et le recueil de leurs pratiques seraient une source importante pour alimenter une telle plateforme.

En conclusion, la mobilisation croisée de l'écologie et des sciences de gestion a été selon nous fertile. L'écologie et en particulier les sciences de la conservation ont le projet de servir l'action en faveur de l'environnement. Les sciences de gestion fournissent des cadres de pensée et concepts pour remettre en contexte les savoirs écologiques produits et leurs liens avec l'action collective. A l'inverse, l'écologie apporte aux sciences de gestion des objets d'étude nouveaux, révélant toute leur complexité et leur variabilité. Le vivant et ses caractéristiques ne sont pas des sujets habituels des sciences de gestion mais qui, au regard des enjeux écologiques contemporains, viennent imposer de réfléchir à nos actions collectives : nos initiatives locales parviendront-elles à changer notre trajectoire ?

11. A sûrement mettre en relation avec les plateformes et forums déjà existants comme [AGRICOOOL](#) ou [Triple Performance](#)

Bibliographie

- AGGERI, Franck (2016). « La recherche-intervention : fondements et pratiques ». In : *A la pointe du management. Ce que la recherche apporte au manager*. Sous la dir. de Jérôme BARTHÉLEMY et Nicolas MOTTIS. Stratégies et management. Paris, France : Dunod, p. 79. URL : <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01230457> (cf. p. 100, 101).
- AGGERI, Franck et Armand HATCHUEL (2003). « Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche dans l'agriculture : pour une critique des rapports science/société ». In : *Sociologie du Travail* 45.1, p. 113-133. DOI : [10.1016/S0038-0296\(02\)01308-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0296(02)01308-0). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003802960213080> (cf. p. 49).
- AGGERI, Franck et Julie LABATUT (2010). « La gestion au prisme de ses instruments. Une analyse généalogique des approches théoriques fondées sur les instruments de gestion ». In : *Finance Contrôle Stratégie* 3, p. 5-37. URL : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00639963> (cf. p. 84, 86).
- ALBERT-CROMARIAS, Anne, Catherine DOS SANTOS et Benoit NAUTRÉ (2017). « L'objet-Frontière, Une Forme d'innovation Managériale Pour Répondre Aux Paradoxes. Le Cas d'un Centre de Lutte Contre Le Cancer ». In : *7ème Colloque Santé Kedge Business School*. Marseille, France. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01656307> (cf. p. 236).
- ALLETTO, Lionel et al. (2010). « Tillage Management Effects on Pesticide Fate in Soils. A Review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 30.2, p. 367-400. DOI : [10.1051/agro/2009018](https://doi.org/10.1051/agro/2009018). URL : <https://doi.org/10.1051/agro/2009018> (cf. p. 44).
- ARMAND, Louis et Jacques RUEFF (1959). *Rapport Sur Les Obstacles à l'expansion Économique*. Paris, France, p. 94. URL : <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/074000508.pdf> (cf. p. 51).
- AULAGNIER, Alexis (2020). « Réduire sans contraindre. Le gouvernement des pratiques agricoles à l'épreuve des pesticides ». Thèse de doctorat - Sociologie. Paris : Sciences Po - Institut d'études politiques de Paris, p. 420. 420 p. URL : <http://spire.sciencespo.fr/hdl:/2441/41letvftgq84momj8hk7kfr2m1> (cf. p. 24).
- AVENIER, Marie-José (2011). « Les paradigmes épistémologiques constructivistes : post-modernisme ou pragmatisme? » In : *Management Avenir* n° 43.3, p. 372-391. DOI : [10.3917/mav.043.0372](https://doi.org/10.3917/mav.043.0372). URL : <https://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2011-3-page-372.htm> (cf. p. 104, 105).

- AVENIER, Marie-José et Catherine THOMAS (2012). « A Quoi Sert l'épistémologie Dans La Recherche En Sciences de Gestion? Un Débat Revisité. » In : *Le Libellio d'Aegis* 8.4, p. 13-27. URL : <http://lelibellio.com/wp-content/uploads/2015/10/vol.-8-n%C2%B0-4-pages-13-%C3%A0-27-Avenier-M-J.-Thomas-C.-2012-A-quoi-sert-l%C3%A9pist%C3%A9mologie-dans-la-recherche...pdf> (cf. p. 103, 104).
- AYACHE, Magali et Hervé DUMEZ (2011). « Le codage dans la recherche qualitative une nouvelle perspective? » In : *Le Libellio d'AEGIS*, Libellio d'AEGIS, 7.2, p. 33-46. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00657490> (cf. p. 114).
- BARBIER, Jean-Marc et Frédéric GOULET (2013). « Moins de technique, plus de nature : pour une heuristique des pratiques d'écologisation de l'agriculture ». In : *Natures Sciences Societes* Vol. 21.2, p. 200-210. DOI : 10.1051/nss/2013094. URL : <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2013-2-page-200.htm> (cf. p. 61, 248).
- BAROT, Sébastien et al. (2021). « Apports de l'écologie à l'agroécologie ». In : *La Transition Argoécologique. Quelles Perspectives En France et Ailleurs Dans Le Monde? Tome I*. Sous la dir. de Bernard HUBERT et Denis COUVET. Académie d'agriculture de France. Paris : Presses des Mines, p. 211-227 (cf. p. 26).
- BATÁRY, Péter et al. (2015). « The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management ». In : *Conservation Biology* 29.4, p. 1006-1016. DOI : 10.1111/cobi.12536. URL : <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.12536> (cf. p. 57).
- BÉJEAN, Mathias, Frédéric KLETZ et Jean-Claude MOISDON (2018). « Création de valeur organisationnelle et technologies de l'information à l'hôpital : le cas du dossier patient informatisé ». In : *Gestion et management public* 6.4, p. 9-24. DOI : 10.3917/gmp.064.0009. URL : <https://www.cairn.info/revue-gestion-et-management-public-2018-2-page-9.htm> (cf. p. 216).
- BELL, Michael M. et Barbara DECREÉ (2021). « Agroécologie et La Troisième Position ». In : *La Transition Argoécologique. Quelles Perspectives En France et Ailleurs Dans Le Monde? Tome I*. Sous la dir. de Bernard HUBERT et Denis COUVET. Académie d'agriculture de France. Paris : Presses des Mines, p. 13-33 (cf. p. 55, 60).
- BERRY, Michel (1983). *Une Technologie Invisible - L'impact Des Instruments de Gestion Sur l'évolution Des Systèmes Humains*. Palaiseau : Centre de Recherche en Gestion - Ecole Polytechnique, p. 60. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00263141> (cf. p. 85).
- BERTHET, Elsa T., Blanche SEGRESTIN et Benoît WEIL (2018). « Des biens communs aux inconnus communs : initier un processus collectif de conception pour la gestion durable d'un agro-écosystème ». In : *Revue de l'organisation responsable* Vol. 13.1, p. 7-16. DOI : 10.3917/ror.131.0007. URL : <https://www.cairn.info/revue-de-l-organisation-responsable-2018-1-page-7.htm> (cf. p. 70).
- BIANCO, Soazig Di (2018). « Recadrer le conseil par l'agriculture écologiquement intensive ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 12.2, p. 171-197. DOI : 10.3917/rac.039.0171. URL : <https://www.cairn.info/revue-anthropologie-des-connaissances-2018-2-page-171.htm> (cf. p. 26, 51, 52, 58, 64, 254).

- BIANCO, Soazig Di et al. (2019). « Les coopératives agricoles dans la transition écologique des agriculteurs. Les dispositifs de preuve de l'intérêt économique ». In : *Economie rurale* 368.2, p. 75-93. DOI : [10.4000/economierurale.6768](https://doi.org/10.4000/economierurale.6768). URL : <https://www.cairn.info/revue-economie-rurale-2019-2-page-75.htm> (cf. p. 26, 58).
- BILLAUD, Olivier et Étienne MACLOUF (2021). « Entre le ministère et la terre : la recherche de proximité des sciences participatives révélatrice de paradoxes. » In : 10ème colloque de l'AIRMAP : Proximités et Territoires aux défis du Management Public. Clermont-Ferrand, p. 20. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03338599> (cf. p. 209).
- BILLAUD, Olivier, Rose-Line VERMEERSCH et Emmanuelle PORCHER (2020). « Citizen Science Involving Farmers as a Means to Document Temporal Trends in Farmland Biodiversity and Relate Them to Agricultural Practices. » In : *Journal of Applied Ecology* 58.2, p. 261-273. DOI : [10.1111/1365-2664.13746](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13746). URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.13746> (cf. p. 83, 260).
- BONNEUIL, Christophe et Elise DEMEULENAERE (2007). « Une Génétique de Pair à Pair ? L'émergence de La Sélection Participative ». In : *Les Sciences Citoyennes. Vigilance Collective et Rapport Entre Profane et Scientifique Dans Les Sciences Naturalistes*. Sous la dir. de F CHARVOLIN, D MICOUD et L. K. NYHART. Ed. de l'Aube, p. 122-147. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00175991> (cf. p. 70).
- BONNEUIL, Christophe et Frédéric THOMAS (2009). *Gènes, pouvoirs et profits : recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM*. Versailles, France, Suisse : Éditions Quae. 619 p. (cf. p. 45, 50, 52).
- BONTHOUX, Sébastien et al. (2013). « Contrasting Spatial and Temporal Responses of Bird Communities to Landscape Changes ». In : *Oecologia* 172.2, p. 563-574. DOI : [10.1007/s00442-012-2498-2](https://doi.org/10.1007/s00442-012-2498-2). URL : <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2498-2> (cf. p. 40).
- BOUTINET, Jean-Pierre et Jean-Pierre BRÉCHET (2018). « Choix, décision et projet dans l'action : préséance du projet dans une perspective pluridisciplinaire ». In : *Natures Sciences Sociétés* 26.4, p. 434-445. DOI : [10.1051/nss/2018055](https://doi.org/10.1051/nss/2018055). URL : <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2018-4-page-434.htm?contenu=article> (cf. p. 256).
- BOWLER, Diana E. et al. (2019). « Long-Term Declines of European Insectivorous Bird Populations and Potential Causes ». In : *Conservation Biology* 33.5, p. 1120-1130. DOI : [10.1111/cobi.13307](https://doi.org/10.1111/cobi.13307). URL : <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.13307> (cf. p. 40).
- BOYLES, Justin G. et al. (2011). « Economic Importance of Bats in Agriculture ». In : *Science* 332.6025, p. 41-42. DOI : [10.1126/science.1201366](https://doi.org/10.1126/science.1201366). URL : <https://science.sciencemag.org/content/332/6025/41> (cf. p. 73).
- BROOKS, David R. et al. (2012). « Large Carabid Beetle Declines in a United Kingdom Monitoring Network Increases Evidence for a Widespread Loss in Insect Biodiversity ». In : *Journal of Applied Ecology* 49.5, p. 1009-1019. DOI : [10.1111/j.1365-2664.2012.01711.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.01711.x)

- 4.2012.02194.x. URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2664.2012.02194.x> (cf. p. 41).
- BRÛLÉ-GAPIHAN, Élodie, Audrey LAUDE et Étienne MACLOUF (2017). « Adopter une vision dynamique de l'innovation soutenable : le cas des circuits courts alimentaires ». In : *Revue d'économie industrielle* 159, p. 53-78. DOI : 10.4000/rei.6598. URL : <http://journals.openedition.org/rei/6598> (cf. p. 57, 62, 63, 253).
- BRUNIER, Sylvain (2012). « Conseillers et conseillères agricoles. L'amour du progrès aux temps de la "révolution silencieuse" (1945-1983). » Histoire. Grenoble : Université de Grenoble. URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01439208v1> (cf. p. 52).
- (2016). « Management public et développement agricole ». In : *Vingtième Siècle. Revue d'histoire* 129.1, p. 141-155. DOI : 10.3917/ving.129.0141. URL : <https://www.cairn.info/revue-vingtieme-siecle-revue-d-histoire-2016-1-page-141.htm> (cf. p. 23, 53).
- BUI, Sibylle et al. (2016). « Sustainability Transitions : Insights on Processes of Niche-Regime Interaction and Regime Reconfiguration in Agri-Food Systems ». In : *Journal of Rural Studies* 48, p. 92-103. DOI : 10.1016/j.jrurstud.2016.10.003. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016716304831> (cf. p. 257).
- BURTON, Rob J. F. (2004). « Seeing Through the 'Good Farmer's' Eyes : Towards Developing an Understanding of the Social Symbolic Value of 'Productivist' Behaviour ». In : *Sociologia Ruralis* 44.2, p. 195-215. DOI : 10.1111/j.1467-9523.2004.00270.x. URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9523.2004.00270.x> (cf. p. 57).
- BUSCA, Didier (2010). *L'action publique agri-environnementale : la mise en oeuvre négociée des dispositifs*. Sociologies et environnement. Paris, France : L'Harmattan. 329 p. (cf. p. 24, 61).
- BUSCA, Didier et Marion VIDAL (2015). « Expérimenter La Suppression Des Herbicides En Viticulture. Quand Chaque Terroir Cultive Sa Norme. » In : *Environnement : La Concertation Apprivoisée, Contestée, Dépassée?* Sous la dir. de Laurent MERMET et Denis SALLES. Ouvertures Sociologiques. Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, p. 307-322 (cf. p. 60, 62, 262).
- BUYTAERT, Wouter et al. (2014). « Citizen Science in Hydrology and Water Resources : Opportunities for Knowledge Generation, Ecosystem Service Management, and Sustainable Development ». In : *Frontiers in Earth Science* 2, p. 26. DOI : 10.3389/feart.2014.00026. URL : <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/feart.2014.00026> (cf. p. 254).
- CALBA, Sarah (2014). « Pourquoi sauver Willy? : Épistémologie synthétique de la prédiction en écologie des communautés ». Thèse de doctorat - Ecologie, Environnement. Montpellier : Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc. URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01808612> (cf. p. 106).
- CALLON, Michel (1986). « Eléments Pour Une Sociologie de La Traduction : La Domestication Des Coquilles Saint-Jacques et Des Marins-Pêcheurs Dans La Baie de Saint-Brieuc ». In : *L'Année sociologique (1940/1948-)* 36, p. 169-208 (cf. p. 70).

- CARLILE, Paul R. (2004). « Transferring, Translating, and Transforming : An Integrative Framework for Managing Knowledge Across Boundaries ». In : *Organization Science* 15.5, p. 555-568. DOI : [10.1287/orsc.1040.0094](https://doi.org/10.1287/orsc.1040.0094). URL : <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/orsc.1040.0094> (cf. p. 236).
- CARSON, Rachel (1962). *Silent Spring*. Crest Book. Greenwich : Houghton Mifflin Company. 319 p. (cf. p. 38).
- CEFAI, Daniel et al. (2015). « Introduction du Dossier "Pragmatisme et sciences sociales : explorations, enquêtes, expérimentations" ». In : *SociologieS*. URL : <http://journals.openedition.org/sociologies/4915> (cf. p. 102).
- CERF, Marianne et Françoise MAXIME (2006). « La coproduction du conseil : un apprentissage difficile ». In : *Conseiller en agriculture*. Sous la dir. d'I RÉMY, H BRIVES et Bruno LÉMERY. Dijon-Paris : Éducagri éditions, p. 137-152. URL : <https://www.cairn.info/conseiller-en-agriculture--9782844444462-page-137.htm> (cf. p. 64).
- CHAN, K. Y (2001). « An Overview of Some Tillage Impacts on Earthworm Population Abundance and Diversity — Implications for Functioning in Soils ». In : *Soil and Tillage Research* 57.4, p. 179-191. DOI : [10.1016/S0167-1987\(00\)00173-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(00)00173-2). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198700001732> (cf. p. 44).
- CHANCE, Quentin et Morgan MEYER (2017). « L'agriculture libre. Les outils agricoles à l'épreuve de l'open source ». In : *Techniques & Culture*. URL : <http://journals.openedition.org/tc/8511> (cf. p. 70).
- CHANUT, Véronique (2002). « L'évaluation : affaire d'Etat ou question d'organisation? » In : *Politiques et Management Public* 20.4, p. 1-32. DOI : [10.3406/pomap.2002.2766](https://doi.org/10.3406/pomap.2002.2766). URL : https://www.persee.fr/doc/pomap_0758-1726_2002_num_20_4_2766 (cf. p. 261).
- (2010). « Pour un agir évaluatif ». In : *Revue française des affaires sociales* 1, p. 51-70. DOI : [10.3917/rfas.101.0051](https://doi.org/10.3917/rfas.101.0051). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-des-affaires-sociales-2010-1-page-51.htm> (cf. p. 261, 262).
- CHATEIL, Carole et al. (2013). « Crop Genetic Diversity Benefits Farmland Biodiversity in Cultivated Fields ». In : *Agriculture, Ecosystems & Environment* 171, p. 25-32. DOI : [10.1016/j.agee.2013.03.004](https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.004). URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880913000698> (cf. p. 45).
- CHIAPELLO, Ève et al. (2013). *Sociologie des outils de gestion : introduction à l'analyse sociale de l'instrumentation de gestion*. Grands Repères. Manuels. Paris, France : La Découverte. 294 p. URL : <https://www.cairn.info/sociologie-des-outils-de-gestion--9782707151452.htm> (cf. p. 85-87, 90, 92).
- CLAYTON, Susan et al. (2017). « Transformation of Experience : Toward a New Relationship with Nature : New Experiences of Nature ». In : *Conservation Letters* 10.5, p. 645-651. DOI : [10.1111/conl.12337](https://doi.org/10.1111/conl.12337). URL : <http://doi.wiley.com/10.1111/conl.12337> (cf. p. 247, 249).
- COHEN, Aurélien Gabriel (2017). « Des lois agronomiques à l'enquête agroécologique. Esquisse d'une épistémologie de la variation dans les agroécosystèmes ». In : *Tracés*.

- Revue de Sciences humaines* 33 (33), p. 51-72. DOI : [10.4000/traces.6989](https://doi.org/10.4000/traces.6989). URL : <http://journals.openedition.org/traces/6989> (cf. p. 25, 50, 51, 232, 251).
- COMPAGNONE, Claude (2014). « Les viticulteurs bourguignons et le respect de l'environnement. Réseaux de dialogues professionnels et dynamiques de changement ». In : *Revue française de sociologie* Vol. 55.2, p. 319-358. DOI : [10.3917/rfs.552.0319](https://doi.org/10.3917/rfs.552.0319). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-sociologie-2014-2-page-319.htm> (cf. p. 60).
- COMPAGNONE, Claude, Claire LAMINE et Lucie DUPRÉ (2018). « La production et la circulation des connaissances en agriculture interrogées par l'agro-écologie. De l'ancien et du nouveau. » In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 12.2, p. 111-138. DOI : [10.3917/rac.039.0111](https://doi.org/10.3917/rac.039.0111). URL : <https://www.cairn.info/revue-anthropologie-des-connaissances-2018-2-page-111.htm> (cf. p. 63, 65, 254).
- CONRAD, Kelvin F. et al. (2006). « Rapid Declines of Common, Widespread British Moths Provide Evidence of an Insect Biodiversity Crisis ». In : *Biological Conservation* 132.3, p. 279-291. DOI : [10.1016/j.biocon.2006.04.020](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.020). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320706001777> (cf. p. 41).
- COQUIL, Xavier et al. (2018). « Questioning the Work of Farmers, Advisors, Teachers and Researchers in Agro-Ecological Transition. A Review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 38.5, p. 47. DOI : [10.1007/s13593-018-0524-4](https://doi.org/10.1007/s13593-018-0524-4) (cf. p. 249, 257).
- COUVET, D. et al. (2008). « Enhancing Citizen Contributions to Biodiversity Science and Public Policy ». In : *Interdisciplinary Science Reviews* 33.1, p. 95-103. DOI : [10.1179/030801808X260031](https://doi.org/10.1179/030801808X260031) (cf. p. 69, 71).
- CRALL, Alycia W. et al. (2013). « The Impacts of an Invasive Species Citizen Science Training Program on Participant Attitudes, Behavior, and Science Literacy ». In : *Public Understanding of Science* 22.6, p. 745-764. DOI : [10.1177/0963662511434894](https://doi.org/10.1177/0963662511434894). URL : <https://doi.org/10.1177/0963662511434894> (cf. p. 69).
- CROZIER, Michel et Erhard FRIEDBERG (1977). *L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective*. Sociologie politique. Paris, France : Éditions du Seuil. 436 p. (cf. p. 94).
- DAMGAARD, Christian (2019). « A Critique of the Space-for-Time Substitution Practice in Community Ecology ». In : *Trends in Ecology & Evolution* 34.5, p. 416-421. DOI : [10.1016/j.tree.2019.01.013](https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.01.013). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016953471930028X> (cf. p. 82).
- DARRÉ, Jean-Pierre (1978). *Liberté et efficacité des groupes de travail*. Paris, France : Éditions ouvrières. 231 p. (cf. p. 51).
- DASMANN, Raymond F. (1968). *A Different Kind of Country*. New York : Macmillan. 276 p. (cf. p. 38).
- DAVID, Albert (1998). « Outils de gestion et dynamique du changement ». In : *Revue Française de Gestion* 120, p. 44-59. URL : <https://basepub.dauphine.fr/handle/123456789/12567> (cf. p. 86).
- (2012). « La Recherche-Intervention, Cadre Général Pour La Recherche En Management? » In : *Les Nouvelles Fondations Des Sciences de Gestion : Éléments d'épistémologie de La Recherche En Management*. Collection Économie et Gestion. Paris,

- France : Mines ParisTech, DL 2012, p. 241-264. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01635111> (cf. p. 99, 100).
- DE VAUJANY, François Xavier De (2006). « Pour une théorie de l'appropriation des outils de gestion : vers un dépassement de l'opposition conception-usage ». In : *Management Avenir* 9.3, p. 109-126. DOI : 10.3917/mav.009.0109. URL : <https://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2006-3-page-109.htm> (cf. p. 89).
- DEAN, Angela J. et al. (2018). « How Do Marine and Coastal Citizen Science Experiences Foster Environmental Engagement? » In : *Journal of Environmental Management* 213, p. 409-416. DOI : 10.1016/j.jenvman.2018.02.080. URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29505996/> (cf. p. 69).
- DEBAISE, Didier et Isabelle STENGERS (2017). « L'insistance des possibles. Pour un pragmatisme spéculatif. » In : *Multitudes* 65.4, p. 82-89. DOI : 10.3917/mult.065.0082. URL : <https://www.cairn.info/revue-multitudes-2016-4-page-82.htm> (cf. p. 103, 257, 259).
- DEGUINES, Nicolas et al. (2020). « Assessing the Emergence of Pro-Biodiversity Practices in Citizen Scientists of a Backyard Butterfly Survey ». In : *Science of The Total Environment* 716, p. 136842. DOI : 10.1016/j.scitotenv.2020.136842. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02553145> (cf. p. 69).
- DÉJEAN, Frédérique, Jean-Pascal GOND et Bernard LECA (2004). « Measuring the Unmeasured : An Institutional Entrepreneur Strategy in an Emerging Industry ». In : *Human Relations* 57.6, p. 741-764. DOI : 10.1177/0018726704044954. URL : <https://doi.org/10.1177/0018726704044954> (cf. p. 228, 260).
- DELÉAGE, Estelle (2010). « La coproduction des savoirs dans l'agriculture durable ». In : *ISDA 2010 : Symposium Innovation and Sustainable Development in Agriculture and Food [Colloque Innovation et développement durable dans l'agriculture et l'alimentation]* (cf. p. 49).
- (2011). « Les mouvements agricoles alternatifs ». In : *Informations sociales* n° 164.2, p. 44-50. DOI : 10.3917/inso.164.0044. URL : <https://www.cairn.info/revue-informations-sociales-2011-2-page-44.htm> (cf. p. 55).
- DEMEULENAERE, Élise et Isabelle GOLDRINGER (2017). « Semences et transition agroécologique : initiatives paysannes et sélection participative comme innovations de rupture ». In : *Natures Sciences Sociétés* 25. Sous la dir. de Marcel JOLLIVET et al., p. 55-59. DOI : 10.1051/nss/2017045. URL : <http://www.nss-journal.org/10.1051/nss/2017045> (cf. p. 70).
- DENIS, Gilles (2001). « From the Agriculturist of the 18th Century to the Agronomist of the 19th and 20th Centuries ». In : *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*. Les Entretiens Du Pradel 1ère Édition Autour d'Olivier de Serres : Pratiques Agricoles et Pensée Agronomique 87.4. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01289906> (cf. p. 50).
- De RAYMOND, Antoine Bernard et Frédéric GOULET (2014). *Sociologie des grandes cultures : au cœur du modèle industriel agricole*. Nature et société. Versailles, France : Éditions Quæ. 227 p. URL : <https://www.cairn.info/sociologie-des-grandes-cultures--9782759222179.htm> (cf. p. 61).

- DERUJINSKY-LAGUECIR, Aziza, Anja KERN et Philippe LORINO (2011). « Une approche instrumentale des indicateurs de performance ». In : *Management Avenir* 42.2, p. 111-132. DOI : [10.3917/mav.042.0111](https://doi.org/10.3917/mav.042.0111). URL : <https://www.cairn.info/revue-e-management-et-avenir-2011-2-page-111.htm> (cf. p. 90).
- DESNEUX, Nicolas, Axel DECOURTYE et Jean-Marie DELPUECH (2007). « The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods ». In : *Annual Review of Entomology* 52.1, p. 81-106. DOI : [10.1146/annurev.ento.52.110405.091440](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440). URL : <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440> (cf. p. 43, 44).
- DESQUILBET, Marion, Pierre-André CORNILLO et al. (2021). « Adequate Statistical Modelling and Data Selection Are Essential When Analysing Abundance and Diversity Trends ». In : *Nature Ecology & Evolution* 5, p. 592-594. DOI : [10.1038/s41559-021-01427-x](https://doi.org/10.1038/s41559-021-01427-x). URL : <https://www.nature.com/articles/s41559-021-01427-x> (cf. p. 42).
- DESQUILBET, Marion, Laurence GAUME et al. (2020). « Comment on “Meta-Analysis Reveals Declines in Terrestrial but Increases in Freshwater Insect Abundances” ». In : *Science* 370.6523. DOI : [10.1126/science.abd8947](https://doi.org/10.1126/science.abd8947). URL : <https://science.sciencemag.org/content/370/6523/eabd8947> (cf. p. 41, 42).
- DESROSIÈRES, Alain (2008). *L'argument statistique*. Collection Sciences sociales. Paris, France : Mines ParisTech-les Presses. 329 p. (cf. p. 87).
- DETCHESSAHAR, Mathieu et Benoît JOURNÉ (2007). « Une approche narrative des outils de gestion ». In : *Revue française de gestion* 174.5, p. 77-92. DOI : [10.3166/rfg.174.77-92](https://doi.org/10.3166/rfg.174.77-92). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2007-5-page-77.html> (cf. p. 94).
- DEVERRE, Christian et Christine DE SAINTE MARIE (2008). « L'écologisation de la politique agricole européenne. Verdissement ou refondation des systèmes agro-alimentaires ». In : *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement - Review of agricultural and environmental studies*. INRA Editions, p. 83-104. URL : <https://hal.inrae.fr/hal-02663276> (cf. p. 23, 56).
- DEVICTOR, Vincent (2015). *Nature en crise : penser la biodiversité*. Anthropocène. Paris, France : Éditions du Seuil. 356 p. (cf. p. 38, 39).
- DEVICTOR, Vincent et al. (2008). « Functional Biotic Homogenization of Bird Communities in Disturbed Landscapes ». In : *Global Ecology and Biogeography* 17.2, p. 252-261. DOI : [10.1111/j.1466-8238.2007.00364.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2007.00364.x). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1466-8238.2007.00364.x> (cf. p. 40).
- DEVIENNE, Sophie et Nadège GARAMBOIS (2021). « Les Systèmes de Production Agroécologiques, Créateurs de Richesse et d'emploi ». In : *La Transition Argoécologique. Quelles Perspectives En France et Ailleurs Dans Le Monde? Tome II*. Sous la dir. de Bernard HUBERT et Denis COUVET. Académie d'agriculture de France. Paris : Presses des Mines, p. 13-33 (cf. p. 56).
- DEWEY, John (1927). *Le public et ses problèmes*. Trad. par Joëlle Préfacier ZASK. Paris, France : Gallimard. 336 p. (cf. p. 102, 257).
- (1993). *Logique : la théorie de l'enquête*. Trad. par Gérard DELEDALLE. Paris, France : Presses universitaires de France. 693 p. (cf. p. 102).

- DÍAZ, S et al. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany : IPBES secretariat, p. 56 (cf. p. 46).
- DIDHAM, Raphael K. et al. (2020). « Interpreting Insect Declines : Seven Challenges and a Way Forward ». In : *Insect Conservation and Diversity* 13.2, p. 103-114. DOI : [10.1111/icad.12408](https://doi.org/10.1111/icad.12408). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/icad.12408> (cf. p. 41).
- DIEKÖTTER, Tim, Taku KADOYA et al. (2010). « Oilseed Rape Crops Distort Plant–Pollinator Interactions ». In : *Journal of Applied Ecology* 47.1, p. 209-214. DOI : [10.1111/j.1365-2664.2009.01759.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01759.x). URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2664.2009.01759.x> (cf. p. 171).
- DIEKÖTTER, Tim, Franziska PETER et al. (2014). « Mass-Flowering Crops Increase Richness of Cavity-Nesting Bees and Wasps in Modern Agro-Ecosystems ». In : *GCB Bioenergy* 6.3, p. 219-226. DOI : [10.1111/gcbb.12080](https://doi.org/10.1111/gcbb.12080). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcbb.12080> (cf. p. 83, 171).
- DILL, William R. (1958). « Environment as an Influence on Managerial Autonomy ». In : *Administrative Science Quarterly* 2.4, p. 409. DOI : [10.2307/2390794](https://doi.org/10.2307/2390794) (cf. p. 234).
- DIRZO, Rodolfo et al. (2014). « Defaunation in the Anthropocene ». In : *Science* 345.6195, p. 401-406. DOI : [10.1126/science.1251817](https://doi.org/10.1126/science.1251817). URL : <https://science.sciencemag.org/content/345/6195/401> (cf. p. 39).
- DONALD, P. F., R. E. GREEN et M. F. HEATH (2001). « Agricultural Intensification and the Collapse of Europe's Farmland Bird Populations ». In : *Proceedings of the Royal Society of London. Series B : Biological Sciences* 268.1462, p. 25-29. DOI : [10.1098/rspb.2000.1325](https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1325). URL : <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2000.1325> (cf. p. 40).
- DOOREN, Tom J. M. Van (2019). « Assessing Species Richness Trends : Declines of Bees and Bumblebees in the Netherlands since 1945 ». In : *Ecology and Evolution* 9.23, p. 13056-13068. DOI : [10.1002/ece3.5717](https://doi.org/10.1002/ece3.5717). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ece3.5717> (cf. p. 41).
- DOUSSAN, Isabelle (2004). « Entre Contrainte et Incitation : Analyse Juridique de La Qualification Au Titre de l'agriculture Raisonnée ». In : *INRAE Sciences Sociales* 2004, p. 1-4. URL : <https://ideas.repec.org/a/ags/inrass/134678.html> (cf. p. 57).
- DUMEZ, Hervé (2011). « Qu'est-ce qu'un concept? » In : *Le Libellio d'AEGIS* 7, p. 67-79. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00574166/document> (cf. p. 115).
- (2016). *Méthodologie de la recherche qualitative : les 10 questions clés de la démarche compréhensive*. Paris, France : Vuibert. 245 p. (cf. p. 114, 116).
- DUMONT, Antoinette M., Ariani C. WARTENBERG et Philippe V. BARET (2021). « Bridging the Gap between the Agroecological Ideal and Its Implementation into Practice. A Review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 41.3, p. 32. DOI : [10.1007/s13593-021-00666-3](https://doi.org/10.1007/s13593-021-00666-3). URL : <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00666-3> (cf. p. 59).

- EHRENFELD, David (1972). *Conserving Life on Earth*. New York : London : Oxford University Press. 360 p. (cf. p. 38).
- EL BILALI, Hamid (2019). « The Multi-Level Perspective in Research on Sustainability Transitions in Agriculture and Food Systems : A Systematic Review ». In : *Agriculture* 9.4 (4), p. 74. DOI : [10.3390/agriculture9040074](https://doi.org/10.3390/agriculture9040074). URL : <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/4/74> (cf. p. 254).
- ESPELAND, Wendy Nelson et Michael SAUDER (2007). « Rankings and Reactivity : How Public Measures Recreate Social Worlds ». In : *American Journal of Sociology* 113.1, p. 1-40. DOI : [10.1086/517897](https://doi.org/10.1086/517897) (cf. p. 88).
- FAITH, Daniel P. (1992). « Conservation Evaluation and Phylogenetic Diversity ». In : *Biological Conservation* 61.1, p. 1-10. DOI : [10.1016/0006-3207\(92\)91201-3](https://doi.org/10.1016/0006-3207(92)91201-3). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0006320792912013> (cf. p. 38).
- FAO (2018). *Les 10 éléments de l'agroécologie : Guider la transition vers des systèmes alimentaires et agricoles durables*. Rome, Italie : FAO. URL : <http://www.fao.org/publications/card/fr/c/I9037FR/> (cf. p. 59).
- (2021). *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT)*. URL : <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> (cf. p. 43).
- FLIGSTEIN, Neil et Doug MCADAM (2012). *A Theory of Fields*. New York, Etats-Unis d'Amérique : Oxford University Press (cf. p. 68).
- FOLEY, Jonathan A. et al. (2011). « Solutions for a Cultivated Planet ». In : *Nature* 478.7369 (7369), p. 337-342. DOI : [10.1038/nature10452](https://doi.org/10.1038/nature10452). URL : <https://www.nature.com/articles/nature10452> (cf. p. 43).
- FONTAINE, Benoît et al. (2020). *Suivi des oiseaux communs en France 1989-2019 : 30 ans de suivis participatifs*. MNHN- Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation, LPO BirdLife France - Service Connaissance, Ministère de la Transition écologique et solidaire, p. 46 (cf. p. 41).
- FOUCAULT, Michel (1977). « "Le Jeu de Michel Foucault" (Entretien Avec D. Colas, A. Grosrichard, G. Le Gaufeys, J. Livi, G. Miller, J. Miller, J.-A. Miller, C. Millot, G. Wajeman) ». In : *Ornicar?, Bulletin Périodique du champ freudien* 10, p. 62-93. URL : <http://1libertaire.free.fr/MFoucault158.html> (cf. p. 54).
- FRIED, G. et al. (2019). « Premiers résultats du réseau Biovigilance 500 ENI sur le suivi des effets non-intentionnels des pratiques agricoles sur la biodiversité. » In : *Innovations Agronomiques* 75, p. 87-98. DOI : [10.15454/TMD006](https://doi.org/10.15454/TMD006). URL : <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/6692/48997/file/Vol75-6-Fried%20et%20al.pdf> (cf. p. 24).
- GABA, Sabrina et Vincent BRETAGNOLLE (2020). « Social-Ecological Experiments to Foster Agroecological Transition ». In : *People and Nature* 2.2, p. 317-327. DOI : [10.1002/pan3.10078](https://doi.org/10.1002/pan3.10078). URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pan3.10078> (cf. p. 70, 251, 269).
- GARUD, Raghu et Peter KARNØE (2003). « Bricolage versus Breakthrough : Distributed and Embedded Agency in Technology Entrepreneurship ». In : *Research Policy*. Special Issue on Technology Entrepreneurship and Contact Information for Corresponding Authors 32.2, p. 277-300. DOI : [10.1016/S0048-7333\(02\)00100-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00100-2). URL :

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733302001002> (cf. p. 253).
- GEELS, Frank W (2002). « Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes : A Multi-Level Perspective and a Case-Study ». In : *Research Policy* 31.8-9, p. 1257-1274. DOI : [10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8). URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733302000628> (cf. p. 253).
- (2019). « Socio-Technical Transitions to Sustainability : A Review of Criticisms and Elaborations of the Multi-Level Perspective ». In : *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Open Issue 2019 39, p. 187-201. DOI : [10.1016/j.cosust.2019.06.009](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.06.009). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343519300375> (cf. p. 253, 254).
- GEELS, Frank W et Johan SCHOT (2007). « Typology of Sociotechnical Transition Pathways ». In : *Research Policy* 36.3, p. 399-417. DOI : [10.1016/j.respol.2007.01.003](https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003). URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733307000248> (cf. p. 31, 62, 253).
- GEOGHEGAN, H et al. (2016). *Understanding Motivations for Citizen Science. Final Report on Behalf of the UK Environmental Observation Framework*. University of Reading, Stockholm Environment Institute (University of York) and University of the West of England. URL : <https://www.ukeof.org.uk/resources/citizen-science-resources/MotivationsforCSREPORTFINALMay2016.pdf> (cf. p. 69).
- GIBBS, H. K. et al. (2010). « Tropical Forests Were the Primary Sources of New Agricultural Land in the 1980s and 1990s ». In : *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107.38, p. 16732-16737. DOI : [10.1073/pnas.0910275107](https://doi.org/10.1073/pnas.0910275107). URL : <https://www.pnas.org/content/107/38/16732> (cf. p. 43).
- GIDDENS, Anthony (1984). *The Constitution of Society : Outline of the Theory of Structuration*. Cambridge, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord : Polity Press. xxxvii+402 (cf. p. 88).
- GILL, Richard J. et al. (2016). « Chapter Four - Protecting an Ecosystem Service : Approaches to Understanding and Mitigating Threats to Wild Insect Pollinators ». In : *Advances in Ecological Research*. Sous la dir. de Guy WOODWARD et David A. BOHAN. T. 54. Ecosystem Services : From Biodiversity to Society, Part 2. Academic Press, p. 135-206. DOI : [10.1016/bs.aecr.2015.10.007](https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2015.10.007). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065250415000367> (cf. p. 46).
- GILLE, Bertrand (1978). *Histoire des techniques : technique et civilisations, technique et sciences*. Encyclopédie de la Pléiade. Paris, France : Editions Gallimard. xiv+1652 (cf. p. 25, 75).
- GIRIN, Jacques (1983). « Les Situations de Gestion ». In : *Le Rôle Des Outils de Gestion Dans l'évolution Des Systèmes Sociaux Complexes*. Sous la dir. de Michel BERRY. C.R.G-École polytechnique. Rapport pour le Ministère de la recherche et de la technologie (cf. p. 234).
- GOULET, Frédéric et Dominique VINCK (2012). « L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement ». In : *Revue française de sociologie* 53.2, p. 195-224. DOI : [10.3917/rfs.532.0195](https://doi.org/10.3917/rfs.532.0195). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-sociologie-1-2012-2-page-195.htm> (cf. p. 65, 70).

- GRANJOU, Céline et Isabelle MAUZ (2009). « Quand l'identité de l'objet-frontière se construit chemin faisant ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 3.1, p. 29-49. DOI : [10.3917/rac.006.0029](https://doi.org/10.3917/rac.006.0029). URL : <https://www.cairn.info/revue-anthropologie-des-connaissances-2009-1-page-29.htm> (cf. p. 235, 236).
- GRIFFON, Michel (2006). *Nourrir la planète : pour une révolution doublement verte*. Sciences. Paris, France : Odile Jacob. 456 p. (cf. p. 57).
- GRIMAND, Amaury (2012). « L'appropriation des outils de gestion et ses effets sur les dynamiques organisationnelles : le cas du déploiement d'un référentiel des emplois et des compétences ». In : *Management Avenir* 54.4, p. 237-257. DOI : [10.3917/mav.054.0237](https://doi.org/10.3917/mav.054.0237). URL : <https://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2012-4-page-237.htm> (cf. p. 89).
- GRIMAND, Amaury, Ewan OIRY et Aurélien RAGAIGNE (2018a). « Les paradoxes organisationnels et le déploiement des outils de gestion : leçons issues de deux études de cas ». In : *Finance Contrôle Stratégie* 21.21-3 (3). DOI : [10.4000/fcs.2890](https://doi.org/10.4000/fcs.2890). URL : <http://journals.openedition.org/fcs/2890> (cf. p. 212, 239).
- (2018b). « Paradoxes, modes de régulation et perspectives théoriques ». In : *Revue française de gestion* 274.5, p. 71-75. DOI : [10.3166/rfg.2018.00265](https://doi.org/10.3166/rfg.2018.00265). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2018-5-page-71.htm> (cf. p. 212).
- GUICHARD, Laurence et al. (1^{er} jan. 2017). « Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer ». In : *Cahiers Agricultures* 26.1 (1), p. 14002. DOI : [10.1051/cagri/2017004](https://doi.org/10.1051/cagri/2017004). URL : <https://www.cahiersagricultures.fr/articles/cagri/abs/2017/01/cagri160188/cagri160188.html> (cf. p. 24, 61).
- HACHE, Émilie (2011). *Ce à quoi nous tenons : propositions pour une écologie pragmatique*. Paris, France : Les empêcheurs de penser en rond : La Découverte. 247 p. (cf. p. 102).
- HAKLAY, Muki (2015). *Citizen Science and Policy : A European Perspective*. Washington D.C : The Woodrow Wilson Center/Commons Lab. URL : https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/Citizen_Science_Policy_European_Perspective_Haklay.pdf (cf. p. 67).
- HALLMANN, Caspar A., Ruud P. B. FOPPEN et al. (2014). « Declines in Insectivorous Birds Are Associated with High Neonicotinoid Concentrations ». In : *Nature* 511.7509, p. 341-343. DOI : [10.1038/nature13531](https://doi.org/10.1038/nature13531). URL : <https://www.nature.com/articles/nature13531> (cf. p. 40, 83).
- HALLMANN, Caspar A., Martin SORG et al. (2017). « More than 75 Percent Decline over 27 Years in Total Flying Insect Biomass in Protected Areas ». In : *PLOS ONE* 12.10. Sous la dir. d'Eric Gordon LAMB, e0185809. DOI : [10.1371/journal.pone.0185809](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809). URL : <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0185809> (cf. p. 41, 83).
- HALLMANN, Caspar A., Theo ZEEGERS et al. (2019). « Declining Abundance of Beetles, Moths and Caddisflies in the Netherlands ». In : *Insect Conservation and Diversity* 13.2, p. 127-139. DOI : [10.1111/icad.12377](https://doi.org/10.1111/icad.12377). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/icad.12377> (cf. p. 41).

- HALPERN, Charlotte, Pierre LASCOUMES et Patrick LE GALÈS (2014). *L'instrumentation de l'action publique : controverses, résistance, effets*. Paris, France : Presses de Sciences Po (cf. p. 94).
- HAMPARTZOUMIAN, Hélène et al. (2013). « L'Observatoire agricole de la biodiversité (OAB) : une pédagogie active autour d'un projet de sciences participatives ». In : *Pour* 219.3, p. 169. DOI : [10.3917/pour.219.0169](https://doi.org/10.3917/pour.219.0169). URL : <http://www.cairn.info/revue-pour-2013-3-page-169.htm> (cf. p. 27).
- HATCHUEL, Armand (2005). « Pour Une Épistémologie de l'action. L'expérience Des Sciences de Gestion ». In : *Entre Connaissance et Organisation, l'activité Collective*. Sous la dir. de Philippe LORINO et Régine TEULIER. Recherches. Paris : Découverte, p. 72-92 (cf. p. 79).
- (2012). « Quel horizon pour les sciences de gestion? Vers une théorie de l'action collective ». In : *Les nouvelles fondations des sciences de gestion : éléments d'épistémologie de la recherche en management*. Collection Économie et gestion. Paris, France : Mines ParisTech, DL 2012 (cf. p. 79, 234).
- HATCHUEL, Armand et Benoît WEIL (1992). *L'expert et le système : gestion des savoirs et métamorphose des acteurs dans l'entreprise industrielle; suivi de Quatre histoires de systèmes-experts*. Paris, France : Economica, DL 1992. 263 p. (cf. p. 85-87).
- HENRY, Mickael et al. (2012). « A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees ». In : *Science* 336.6079, p. 348-350. DOI : [10.1126/science.1215039](https://doi.org/10.1126/science.1215039). URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00731655/document> (cf. p. 43).
- HERZON, Irina et al. (2008). « Intensity of Agricultural Land-Use and Farmland Birds in the Baltic States ». In : *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125.1, p. 93-100. DOI : [10.1016/j.agee.2007.11.008](https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.11.008). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880907002836> (cf. p. 40).
- HOLZSCHUH, Andrea, Matteo DAINESE et al. (2016). « Mass-Flowering Crops Dilute Pollinator Abundance in Agricultural Landscapes across Europe ». In : *Ecology Letters* 19.10, p. 1228-1236. DOI : [10.1111/ele.12657](https://doi.org/10.1111/ele.12657). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ele.12657> (cf. p. 83, 171).
- HOLZSCHUH, Andrea, Carsten F. DORMANN et al. (2013). « Mass-Flowering Crops Enhance Wild Bee Abundance ». In : *Oecologia* 172.2, p. 477-484. DOI : [10.1007/s00442-012-2515-5](https://doi.org/10.1007/s00442-012-2515-5). URL : <https://doi.org/10.1007/s00442-012-2515-5> (cf. p. 83).
- HOSSARD, Laure et al. (2017). « Lack of Evidence for a Decrease in Synthetic Pesticide Use on the Main Arable Crops in France ». In : *Science of The Total Environment* 575, p. 152-161. DOI : [10.1016/j.scitotenv.2016.10.008](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.008). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716321726> (cf. p. 43).
- HOULLER, François et Jean-Baptiste MERILHOU-GOUDARD (2016). *Les Sciences Participatives En France. État Des Lieux, Bonnes Pratiques & Recommandations*. URL : <https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/af/ile/321785-853d8-resource-rapport-impression-sciences-participatives-fevrier-2016.html> (cf. p. 67, 68).

- INGER, Richard et al. (2015). « Common European Birds Are Declining Rapidly While Less Abundant Species' Numbers Are Rising ». In : *Ecology Letters* 18.1. Sous la dir. de Jane HILL, p. 28-36. DOI : [10.1111/ele.12387](https://doi.org/10.1111/ele.12387). URL : <http://doi.wiley.com/10.1111/ele.12387> (cf. p. 40).
- INGRAM, Julie (2015). « Framing Niche-Regime Linkage as Adaptation : An Analysis of Learning and Innovation Networks for Sustainable Agriculture across Europe ». In : *Journal of Rural Studies* 40, p. 59-75. DOI : [10.1016/j.jrurstud.2015.06.003](https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2015.06.003). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074301671500674> (cf. p. 62, 253).
- (2018). « Agricultural Transition : Niche and Regime Knowledge Systems' Boundary Dynamics ». In : *Environmental Innovation and Societal Transitions* 26, p. 117-135. DOI : [10.1016/j.eist.2017.05.001](https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.05.001). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210422416301320> (cf. p. 257).
- ISELL, F. et al. (2013). « Nutrient Enrichment, Biodiversity Loss, and Consequent Declines in Ecosystem Productivity ». In : *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.29, p. 11911-11916. DOI : [10.1073/pnas.1310880110](https://doi.org/10.1073/pnas.1310880110). URL : <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1310880110> (cf. p. 44).
- JACKSON, Stephen T. et Jessica L. BLOIS (2015). « Community Ecology in a Changing Environment : Perspectives from the Quaternary ». In : *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112.16, p. 4915-4921. DOI : [10.1073/pnas.1403664111](https://doi.org/10.1073/pnas.1403664111). URL : <https://www.pnas.org/content/112/16/4915> (cf. p. 83).
- JARZABKOWSKI, Paula, Jane K LÊ et Andrew H VAN DE VEN (2013). « Responding to Competing Strategic Demands : How Organizing, Belonging, and Performing Paradoxes Coevolve ». In : *Strategic Organization* 11.3, p. 245-280. DOI : [10.1177/1476127013481016](https://doi.org/10.1177/1476127013481016). URL : <https://doi.org/10.1177/1476127013481016> (cf. p. 211-213, 222, 232).
- JAS, Nathalie (2005). « Déqualifier le paysan, introniser l'agronome, France 1840-1914 ». In : *Ecologie politique* 31.2, p. 45-55. DOI : [10.3917/ecopo.031.0045](https://doi.org/10.3917/ecopo.031.0045). URL : <https://www.cairn.info/revue-ecologie-et-politique1-2005-2-page-45.htm> (cf. p. 50).
- JAX, Kurt (2006). « Ecological Units : Definitions and Application ». In : *The Quarterly Review of Biology* 81.3, p. 237-258. DOI : [10.1086/506237](https://doi.org/10.1086/506237). URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17051830/> (cf. p. 106).
- JOLY, Pierre-Benoît (2020). « Les formes multiples de la recherche : scientifique, industrielle et citoyenne ». In : *Cahiers de l'action* 55.1, p. 47-54. DOI : [10.3917/cact.055.0047](https://doi.org/10.3917/cact.055.0047). URL : <https://www.cairn.info/revue-cahiers-de-l-action-2020-1-page-47.htm> (cf. p. 68).
- JOURNÉ, Benoît (2007). « Théorie pragmatiste de l'enquête et construction du sens des situations ». In : *Le Libellio d'AEGIS*, Libellio d'AEGIS, 3.4, p. 3-9. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00263316> (cf. p. 102).
- JULLIARD, Romain (2014). « Vigie Nature, un réseau de citoyens qui fait avancer la science ». In : *Pour* 223.3, p. 53. DOI : [10.3917/pour.223.0053](https://doi.org/10.3917/pour.223.0053). URL : <http://www.cairn.info/revue-pour-2014-3-page-53.htm> (cf. p. 69).

- JULLIARD, Romain (2017). « Science participative et suivi de la biodiversité : l'expérience Vigie-Nature ». In : *Natures Sciences Societes* 25.4, p. 412-417. DOI : [10.1051/nss/2018008](https://doi.org/10.1051/nss/2018008). URL : <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2017-4-page-412.htm> (cf. p. 69).
- KELEMEN, Eszter et al. (2013). « Farmers' Perceptions of Biodiversity : Lessons from a Discourse-Based Deliberative Valuation Study ». In : *Land Use Policy* 35, p. 318-328. DOI : [10.1016/j.landusepol.2013.06.005](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.06.005). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837713001208> (cf. p. 249).
- KLEIJN, D. et al. (2001). « Agri-Environment Schemes Do Not Effectively Protect Biodiversity in Dutch Agricultural Landscapes ». In : *Nature* 413, p. 723-725. DOI : [10.1038/35099540](https://doi.org/10.1038/35099540). URL : <https://www.nature.com/articles/35099540> (cf. p. 57).
- KLINK, Roel van et al. (2020). « Meta-Analysis Reveals Declines in Terrestrial but Increases in Freshwater Insect Abundances ». In : *Science* 368.6489, p. 417-420. DOI : [10.1126/science.aax9931](https://doi.org/10.1126/science.aax9931). URL : <https://science.sciencemag.org/content/368/6489/417> (cf. p. 40).
- KOESTLER, Arthur (1967). *The Ghost in the Machine*. New York : Macmillan (cf. p. 60).
- KRATZ, Timothy K. et al. (2003). « Ecological Variability in Space and Time : Insights Gained from the US LTER Program ». In : *BioScience* 53.1, p. 57-67. DOI : [10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0057:EVISAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0057:EVISAT]2.0.CO;2). URL : <https://academic.oup.com/bioscience/article/53/1/57/227159> (cf. p. 83).
- KROMP, Bernhard (1999). « Carabid Beetles in Sustainable Agriculture : A Review on Pest Control Efficacy, Cultivation Impacts and Enhancement ». In : *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74.1-3, p. 187-228. DOI : [10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7). URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880999000377> (cf. p. 73).
- KUSTOSZ, Isabelle (2021). « Savoirs sur le territoire : co-construction et développement des capacités comme enjeux de management public ». In : 10ème colloque de l'AIRMAP : Proximités et Territoires aux défis du Management Public, p. 21 (cf. p. 31, 233, 240, 250, 256, 261).
- LABARTHE, Pierre, Faïz GALLOUJ et Catherine LAURENT (2013). « Privatisation du conseil et évolution de la qualité des preuves disponibles pour les agriculteurs ». In : *Économie rurale. Agricultures, alimentations, territoires* 337 (337), p. 7-24. DOI : [10.4000/economierurale.4074](https://doi.org/10.4000/economierurale.4074). URL : <http://journals.openedition.org/economierurale/4074> (cf. p. 52, 53).
- LAMINE, Claire (2017). *La fabrique sociale de l'écologisation de l'agriculture*. Science, nature et environnement. Marseille, France : ELD, les Éditions la Discussion. 225 p. (cf. p. 58, 60).
- LARRÈRE, Catherine et Raphaël LARRÈRE (2015). « Le démiurge et le pilote ». In : *Penser et agir avec la nature. Une enquête philosophique*. Sciences humaines. Paris : La Découverte, p. 175-202. URL : <https://www.cairn.info/penser-et-agir-avec-la-nature--9782707185716-page-175.htm> (cf. p. 51).
- LARRÈRE, Raphaël (2002). « Agriculture : artificialisation ou manipulation de la nature? » In : *Cosmopolitiques*, p. 158-173. URL : <https://hal.inrae.fr/hal-02671052> (cf. p. 51).

- LASCOUMES, Pierre et Patrick LE GALÈS (2004). *Gouverner par les instruments*. Collection académique. Paris, France : Les Presses Science Po. 370 p. URL : <https://www.cairn.info/gouverner-par-les-instruments--9782724609492.htm> (cf. p. 96).
- LASCOUMES, Pierre et Louis SIMARD (2011). « L'action publique au prisme de ses instruments ». In : *Revue française de science politique* 61.1, p. 5-22. DOI : [10.3917/rfsp.611.0005](https://www.cairn.info/revue-francaise-de-science-politique-2011-1-page-5.htm). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-science-politique-2011-1-page-5.htm> (cf. p. 96, 97).
- LATOURE, Bruno (1989). *La science en action*. Trad. par Michel BIEZUNSKI. Textes à l'appui. Anthropologie des sciences et des techniques. Paris, France : la Découverte. 450 p. (cf. p. 258).
- LAURENT, Catherine et Pauline LANDEL (2017). « Régimes de Connaissances et Régulation Sectorielle En Agriculture ». In : *Transformations Agricoles et Alimentaires*. Sous la dir. de Gilles ALLAIRE et Benoît DAVIRON. Synthèses (INRA). Versailles, France : Editions Quae, p. 305-322. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01607125> (cf. p. 25).
- LAVIGNE, Claire et al. (2021). « Mise En Oeuvre Des Apports de l'écologie à l'agroécologie ». In : *La Transition Argoécologique. Quelles Perspectives En France et Ailleurs Dans Le Monde? Tome II*. Sous la dir. de Bernard HUBERT et Denis COUVET. Académie d'agriculture de France. Paris : Presses des Mines, p. 119-132 (cf. p. 26).
- LE FÉON, Violette et al. (2013). « Solitary Bee Abundance and Species Richness in Dynamic Agricultural Landscapes ». In : *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Landscape Ecology and Biodiversity in Agricultural Landscapes 166, p. 94-101. DOI : [10.1016/j.agee.2011.06.020](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880911002118). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880911002118> (cf. p. 83, 171).
- LECHUGA, Vicente M. (2012). « Exploring Culture from a Distance : The Utility of Telephone Interviews in Qualitative Research ». In : *International Journal of Qualitative Studies in Education* 25.3, p. 251-268. DOI : [10.1080/09518398.2010.529853](https://doi.org/10.1080/09518398.2010.529853). URL : <https://doi.org/10.1080/09518398.2010.529853> (cf. p. 110).
- LECONTE, Mélodie (2019). « Approche Pragmatiste de La Mobilité Inter-Organisationnelle : Étude à Partir de 21 Cas d'analyse Biographique ». These de doctorat- Sciences de gestion. Paris 10. URL : <http://www.theses.fr/2019PA100117> (cf. p. 110).
- LÉMERY, Bruno (2003). « Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture ». In : *Sociologie du Travail* 45.1, p. 9-25. DOI : [10.1016/S0038-0296\(02\)01302-X](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003802960201302X). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003802960201302X> (cf. p. 61).
- LEMTIRI, Aboukacem et al. (2014). « Impacts of Earthworms on Soil Components and Dynamics. A Review ». In : *Biotechnologie Agronomie Societe Et Environnement* 18.1, p. 121-133. URL : <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=10881> (cf. p. 73).
- LENZEN, M. et al. (2012). « International Trade Drives Biodiversity Threats in Developing Nations ». In : *Nature* 486.7401 (7401), p. 109-112. DOI : [10.1038/nature11145](https://www.nature.com/articles/nature11145). URL : <https://www.nature.com/articles/nature11145> (cf. p. 45).

- LEVREL, Harold (2007). *Quels indicateurs pour la gestion de la biodiversité?* Paris, France : Institut Français de la Biodiversité, p. 99. URL : <http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0066/Temis-0066100/18350.pdf> (cf. p. 71).
- LEVREL, Harold et al. (2010). « Balancing State and Volunteer Investment in Biodiversity Monitoring for the Implementation of CBD Indicators : A French Example ». In : *Ecological Economics* 69.7, p. 1580-1586. DOI : [10.1016/j.ecolecon.2010.03.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.001). URL : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800910000790> (cf. p. 69).
- LEWANDOWSKI, Eva J. et Karen S. OBERHAUSER (2017). « Butterfly Citizen Scientists in the United States Increase Their Engagement in Conservation ». In : *Biological Conservation*. The Role of Citizen Science in Biological Conservation 208, p. 106-112. DOI : [10.1016/j.biocon.2015.07.029](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.07.029). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320715300367> (cf. p. 69).
- LEWIS, Marianne W. (2000). « Exploring Paradox : Toward a More Comprehensive Guide ». In : *The Academy of Management Review* 25.4, p. 760-776. DOI : [10.2307/59204](https://doi.org/10.2307/59204) (cf. p. 209, 210).
- LIÈVRE, Pascal (2004). « Vers Un Savoir d'action En Sciences de Gestion ». In : *Gérer et Comprendre* 75, p. 4-17. URL : <http://www.annales.com/gc/2004/gc75/epreuve04-16.pdf> (cf. p. 251).
- LORINO, Philippe (2002). *Vers une théorie pragmatique et sémiotique des outils appliquée aux instruments de gestion*. Documents de recherche / ESSEC Centre de Recherche. Cergy-Pontoise : ESSEC. URL : <http://pffleurance.hautetfort.com/list/seminaire-7-1-intelligence-strategique-en-gestion/4140115640.pdf> (cf. p. 85).
- LOWE, Philip, Peter H. FEINDT et Hilkka VIHINEN (2010). « Introduction : Greening the Countryside? Changing Frameworks of EU Agricultural Policy ». In : *Public Administration* 88.2, p. 287-295. DOI : [10.1111/j.1467-9299.2010.01835.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9299.2010.01835.x). URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20827849/> (cf. p. 57).
- LUSCHER, Lotte S. et Marianne W. LEWIS (2008). « Organizational Change and Managerial Sensemaking : Working Through Paradox ». In : *Academy of Management Journal* 51.2, p. 221-240. DOI : [10.5465/AMJ.2008.31767217](https://doi.org/10.5465/AMJ.2008.31767217). URL : <https://journals.aom.org/doi/10.5465/amj.2008.31767217> (cf. p. 211).
- MACLOUF, Étienne (2020). *Pourquoi les organisations industrielles ne sauveront pas la planète : ou l'anti manuel du développement durable et de la RSE*. En anthropocène. Lormont, France : Le Bord de l'eau. 206 p. (cf. p. 54, 80, 260).
- MAROCHINI, Eric (2003). « Le Remembrement En France et En Moselle. D'une Opération Agricole à Un Outil d'aménagement Rural. » In : *Enquêtes rurales* 9, p. 183-206. URL : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03127138/document> (cf. p. 49).
- MARSDEN, Terry et Roberta SONNINO (2008). « Rural Development and the Regional State : Denying Multifunctional Agriculture in the UK ». In : *Journal of Rural Studies* 24.4, p. 422-431. DOI : [10.1016/j.jrurstud.2008.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.04.001). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016708000259> (cf. p. 57).

- MATHEVET, Raphaël (2010). « Peut-on faire de la biologie de la conservation sans les sciences de l'homme et de la société? État des lieux ». In : *Natures Sciences Societes* 18.4, p. 441-445. URL : <https://www.cairn.info/journal-natures-sciences-societes-2010-4-page-441.htm> (cf. p. 78).
- MAZOYER, Marcel et Laurence ROUDART (1997). *Histoire des agricultures du monde : du néolithique à la crise contemporaine*. Paris, France : Éditions du Seuil. 533 p. (cf. p. 48, 49).
- MCKINLEY, Duncan C. et al. (2017). « Citizen Science Can Improve Conservation Science, Natural Resource Management, and Environmental Protection ». In : *Biological Conservation*. The Role of Citizen Science in Biological Conservation 208, p. 15-28. DOI : 10.1016/j.biocon.2016.05.015. URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320716301963> (cf. p. 69).
- MEADOWS, Donella et al. (1972). *The Limits to Growth*. URL : <https://www.clubofrome.org/publication/the-limits-to-growth/> (cf. p. 38).
- MERINO, Leticia et al. (2019). *Chapter 2. Status and Trends; Indirect and Direct Drivers of Change 2.1 Chapter 2.1. Status and Trends – Drivers of Change*. IPBES, p. 245 (cf. p. 23, 43, 47).
- MERMET, Laurent (2010). « Préface ». In : BUSCA, Didier. *L'action Publique Agri-Environnementale : La Mise En Œuvre Négociée Des Dispositifs*. Sociologies et Environnement. Paris, France : L'Harmattan, p. 7-9 (cf. p. 24).
- MESNEL, Blandine (2018). « Socialiser à la biodiversité à travers la néo-libéralisation de la PAC? Les limites bureaucratiques de la conditionnalité et du paiement vert du point de vue des agriculteurs ». In : *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie* 9.3. DOI : 10.4000/developpementdurable.12715. URL : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/12715> (cf. p. 57, 64).
- MEYNARD, Jean-Marc, François CHARRIER et al. (2018). « Socio-Technical Lock-in Hinders Crop Diversification in France ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 38.5, p. 54. DOI : 10.1007/s13593-018-0535-1. URL : <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0535-1> (cf. p. 61).
- MEYNARD, Jean-Marc et Marie-Hélène JEUFFROY (2021). « Agroécologie et Innovation ». In : *La Transition Argoécologique. Quelles Perspectives En France et Ailleurs Dans Le Monde? Tome II*. Sous la dir. de Bernard HUBERT et Denis COUVET. Académie d'agriculture de France. Paris : Presses des Mines, p. 85-105 (cf. p. 70).
- MEYNARD, Jean-Marc, Marie-Hélène JEUFFROY et al. (2017). « Designing Coupled Innovations for the Sustainability Transition of Agrifood Systems ». In : *Agricultural Systems* 157, p. 330-339. DOI : 10.1016/j.agsy.2016.08.002. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X1630378X> (cf. p. 70).
- MIKOŁAJCZAK, Katarzyna et al. (2021). « Who Knows, Who Cares? Untangling Ecological Knowledge and Nature Connection among Amazonian Colonist Farmers ». In : *People and Nature* 3.2, p. 431-445. DOI : 10.1002/pan3.10183. URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pan3.10183> (cf. p. 249).

- MILLER, James R. (2005). « Biodiversity Conservation and the Extinction of Experience ». In : *Trends in Ecology & Evolution* 20.8, p. 430-434. DOI : [10.1016/j.tree.2005.05.013](https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.013). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534705001643> (cf. p. 247).
- MOISDON, Jean-Claude, éd. (1997). *Du mode d'existence des outils de gestion*. Paris, France : Seli Arslan, DL 1997. 286 p. (cf. p. 28, 85, 86).
- (2005). « Comment apprend-on par les outils de gestion? Retour sur une doctrine d'usage ». In : *Entre connaissance et organisation, l'activité collective*. Sous la dir. de Philippe LORINO et Régine TEULIER. Recherches. Paris, France : La Découverte, p. 239-250. URL : <https://www.cairn.info/entre-connaissance-et-organisation-1-activite-coll--9782707145895-page-239.htm> (cf. p. 216).
- MØLLER, Anders Pape (2019). « Parallel Declines in Abundance of Insects and Insectivorous Birds in Denmark over 22 Years ». In : *Ecology and Evolution* 9.11, p. 6581-6587. DOI : [10.1002/ece3.5236](https://doi.org/10.1002/ece3.5236). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ece3.5236> (cf. p. 40).
- MONEYRON, Anne (2003). *Transhumance et éco-savoir : reconnaissance des alternances écoformatives*. Collection Écoformation. Paris, France : l'Harmattan. 236 p. (cf. p. 64).
- MOTTES, Charles et al. (2014). « Pesticide Transfer Models in Crop and Watershed Systems : A Review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 34.1, p. 229-250. DOI : [10.1007/s13593-013-0176-3](https://doi.org/10.1007/s13593-013-0176-3). URL : <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0176-3> (cf. p. 43).
- MULÉ, Rosaria et al. (2017). « Systematic Review of the Effects of Chemical Insecticides on Four Common Butterfly Families ». In : *Frontiers in Environmental Science* 5, p. 1-5. DOI : [10.3389/fenvs.2017.00032](https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00032). URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2017.00032/full> (cf. p. 43).
- MULVANEY, R. L., S. A. KHAN et T. R. ELLSWORTH (2009). « Synthetic Nitrogen Fertilizers Deplete Soil Nitrogen : A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production ». In : *Journal of Environmental Quality* 38.6, p. 2295-2314. DOI : [10.2134/jeq2008.0527](https://doi.org/10.2134/jeq2008.0527). URL : <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq2008.0527> (cf. p. 44).
- MUPEPELE, Anne-Christine et al. (2019). « Insect Decline and Its Drivers : Unsupported Conclusions in a Poorly Performed Meta-Analysis on Trends—A Critique of Sánchez-Bayo and Wyckhuys (2019) ». In : *Basic and Applied Ecology* 37, p. 20-23. DOI : [10.1016/j.baae.2019.04.001](https://doi.org/10.1016/j.baae.2019.04.001). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1439179119301094> (cf. p. 40).
- NILSSON, Sven G., Markus FRANZEN et Lars B. PETTERSSON (2013). « Land-Use Changes, Farm Management and the Decline of Butterflies Associated with Semi-Natural Grasslands in Southern Sweden ». In : *Nature Conservation-Bulgaria* 6, p. 31-48. DOI : [10.3897/natureconservation.6.5205](https://doi.org/10.3897/natureconservation.6.5205). URL : <https://natureconservation.pensoft.net/article/1350/> (cf. p. 73).
- OGIEN, Albert (2014). « Pragmatismes et sociologies ». In : *Revue française de sociologie* 55.3, p. 563-579. DOI : [10.3917/rfs.553.0563](https://doi.org/10.3917/rfs.553.0563). URL : https://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=RFS_553_0563 (cf. p. 102).

- OLLIVIER, Guillaume et Stéphane BELLON (2013). « Dynamiques paradigmatiques des agricultures écologisées dans les communautés scientifiques internationales ». In : *Natures Sciences Societes* 21.2, p. 166-181. DOI : [10.1051/nss/2013093](https://doi.org/10.1051/nss/2013093). URL : <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2013-2-page-166.htm> (cf. p. 64).
- ORTON, J. Douglas et Karl E. WEICK (1990). « Loosely Coupled Systems : A Reconceptualization ». In : *The Academy of Management Review* 15.2, p. 203-223. DOI : [10.2307/258154](https://doi.org/10.2307/258154) (cf. p. 239).
- PEET, Robert K. (1974). « The Measurement of Species Diversity ». In : *Annual Review of Ecology and Systematics* 5.1, p. 285-307. DOI : [10.1146/annurev.es.05.110174.001441](https://doi.org/10.1146/annurev.es.05.110174.001441). URL : <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.es.05.110174.001441> (cf. p. 38).
- PELOSI, Céline, C. BERTRAND et al. (2021). « Residues of Currently Used Pesticides in Soils and Earthworms : A Silent Threat? » In : *Agriculture, Ecosystems & Environment* 305, p. 107167. DOI : [10.1016/j.agee.2020.107167](https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107167). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880920303534> (cf. p. 43).
- PELOSI, Céline, Michel BERTRAND et Jean ROGER-ESTRADE (2009). « Earthworm Community in Conventional, Organic and Direct Seeding with Living Mulch Cropping Systems ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 29.2, p. 287-295. DOI : [10.1051/agro/2008069](https://doi.org/10.1051/agro/2008069). URL : <https://doi.org/10.1051/agro/2008069> (cf. p. 44).
- PEREIRA, H. M. et al. (2013). « Essential Biodiversity Variables ». In : *Science* 339.6117, p. 277-278. DOI : [10.1126/science.1229931](https://doi.org/10.1126/science.1229931). URL : <https://science.sciencemag.org/content/339/6117/277> (cf. p. 38, 123).
- PETCHEY, Owen L. et Kevin J. GASTON (2002). « Functional Diversity (FD), Species Richness and Community Composition ». In : *Ecology Letters* 5.3, p. 402-411. DOI : [10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x](https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x> (cf. p. 38).
- PIAGET, Jean (1967). *Logique et connaissance scientifique*. Encyclopédie de la Pléiade. Paris, France. xii+1345 (cf. p. 103).
- PLOEG, Jan (2006). « Agricultural Production in Crisis ». In : *The Handbook of Rural Studies*. Sous la dir. de Paul J. CLOKE, Terry MARDSEN et Patrick H. MOONEY. London : SAGE Publications Ltd, p. 161-170. URL : <https://xn--doiorg-r30e/10.4135/9781848608016.n11> (cf. p. 55).
- POLLOCK, Laura J., Wilfried THUILLER et Walter JETZ (2017). « Large Conservation Gains Possible for Global Biodiversity Facets ». In : *Nature* 546.7656 (7656), p. 141-144. DOI : [10.1038/nature22368](https://doi.org/10.1038/nature22368). URL : <https://www.nature.com/articles/nature22368> (cf. p. 39).
- POOLE, Marshall Scott et Andrew H VAN DE VEN (1989). « Using Paradox to Build Management and Organization Theories ». In : *Academy of Management Review* 14.4, p. 562-578. DOI : [10.5465/amr.1989.4308389](https://doi.org/10.5465/amr.1989.4308389). URL : <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/amr.1989.4308389> (cf. p. 209, 211).
- POTTS, Joanne M. et Jane ELITH (2006). « Comparing Species Abundance Models ». In : *Ecological Modelling. Predicting Species Distributions* 199.2, p. 153-163. DOI :

- 10.1016/j.ecolmodel.2006.05.025. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438000600247X> (cf. p. 172).
- POTTS, Simon G. et al. (2016). « Safeguarding Pollinators and Their Values to Human Well-Being ». In : *Nature* 540.7632, p. 220-229. DOI : 10.1038/nature20588. URL : <https://www.nature.com/articles/nature20588> (cf. p. 73).
- PREUD'HOMME, Rose-Line (2009). *Elaboration d'un Jeu d'indicateurs Permettant de Mieux Suivre La Biodiversité En Lien Avec l'évolution de l'agriculture*. Paris, France : Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. URL : <https://docplayer.fr/8063821-Elaboration-d-un-jeu-d-indicateurs-permettant-de-mieux-suivre-la-biodiversite-en-lien-avec-l-evolution-de-l-agriculture.html> (cf. p. 27, 71, 73).
- PRÉVEL, Maxime (2008). « Le Productivisme Agricole Socioanthropologie de l'industrialisation Des Campagnes Françaises ». In : *Études rurales* 181, p. 115-131 (cf. p. 55).
- PURSEIGLE, François et Loïc MAZENC (2021). « Des cultures sous tension. Les rationalisations des grandes entreprises agricoles ». In : *L'Année sociologique* 71.1, p. 127-161. DOI : 10.3917/anso.211.0127. URL : <https://www.cairn.info/revue-l-annee-sociologique-2021-1-page-127.htm> (cf. p. 54).
- PURSEIGLE, François, Geneviève NGUYEN et Pierre BLANC (2017). *Le nouveau capitalisme agricole : de la ferme à la firme*. Collection académique. Paris, France : SciencesPo Les Presses. 305 p. URL : <https://www.cairn.info/le-nouveau-capitalisme-agricole--9782724621358.htm> (cf. p. 54).
- QUINN, Robert E. et Kim S. CAMERON (1988). *Paradox and Transformation : Toward a Theory of Change in Organization and Management*. Ballinger Series on Innovation and Organizational Change. Cambridge, Mass : Ballinger Publishing Company. 334 p. (cf. p. 209).
- RABARDEL, Pierre (2005). « Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir ». In : *Entre connaissance et organisation : l'activité collective*. Sous la dir. de Régine TEULIER et Philippe LORINO. Recherches. Paris : Découverte, p. 251-265 (cf. p. 90).
- RASMUSSEN, Laura Vang et al. (2018). « Social-Ecological Outcomes of Agricultural Intensification ». In : *Nature Sustainability* 1.6 (6), p. 275-282. DOI : 10.1038/s41893-018-0070-8. URL : <https://www.nature.com/articles/s41893-018-0070-8> (cf. p. 43).
- RESEARCH, Rothamsted (2017). *Broadbalk Mean Long-Term Winter Wheat Yields*. URL : <http://www.era.rothamsted.ac.uk/dataset/rbk1/01-OAWWYields> (cf. p. 45).
- RICCIARDI, Vincent et al. (2018). « How Much of the World's Food Do Smallholders Produce? » In : *Global Food Security* 17, p. 64-72. DOI : 10.1016/j.gfs.2018.05.002. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912417301293> (cf. p. 47).
- RICKLEFS, Robert E. (2008). « Disintegration of the Ecological Community : American Society of Naturalists Sewall Wright Award Winner Address ». In : *The American Naturalist* 172.6, p. 741-750. DOI : 10.1086/593002 (cf. p. 106).
- ROGER-ESTRADE, Jean et al. (2010). « Tillage and Soil Ecology : Partners for Sustainable Agriculture ». In : *Soil and Tillage Research*. IZMIR Conference (ISTRO 2009) 111.1,

- p. 33-40. DOI : [10.1016/j.still.2010.08.010](https://doi.org/10.1016/j.still.2010.08.010). URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198710001509> (cf. p. 44).
- ROSCHEWITZ, Indra et al. (2005). « The Effects of Landscape Complexity on Arable Weed Species Diversity in Organic and Conventional Farming ». In : *Journal of Applied Ecology* 42.5, p. 873-882. DOI : [10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x). URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2664.2005.01072.x> (cf. p. 46).
- SALMONA, Michèle (1994). *Souffrances et résistances des paysans français : violences des politiques publiques de modernisation économique et culturelle...* Alternatives rurales. Paris, France : l'Harmattan. 254 p. (cf. p. 55).
- SÁNCHEZ-BAYO, Francisco et Kris A.G. WYCKHUYS (2019). « Worldwide Decline of the Entomofauna : A Review of Its Drivers ». In : *Biological Conservation* 232, p. 8-27. DOI : [10.1016/j.biocon.2019.01.020](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020). URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320718313636> (cf. p. 40, 42).
- SAUNDERS, Manu E., Jasmine K. JANES et James C. O'HANLON (2020). « Moving On from the Insect Apocalypse Narrative : Engaging with Evidence-Based Insect Conservation ». In : *BioScience* 70.1, p. 80-89. DOI : [10.1093/biosci/biz143](https://doi.org/10.1093/biosci/biz143). URL : <https://academic.oup.com/bioscience/article/70/1/80/5670748> (cf. p. 40).
- SCHAD, Jonathan et al. (2016). « Paradox Research in Management Science : Looking Back to Move Forward ». In : *Academy of Management Annals* 10.1, p. 5-64. DOI : [10.5465/19416520.2016.1162422](https://doi.org/10.5465/19416520.2016.1162422). URL : <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/19416520.2016.1162422> (cf. p. 209, 210).
- SCHMITT, Christophe et Louis Jacques Préfacier FILION (2015). *L'agir entrepreneurial : repenser l'action des entrepreneurs*. Entrepreneuriat et PME. Québec (Québec), Canada : Presses de l'Université du Québec. 146 p. (cf. p. 256).
- SÉBASTIEN, Léa, Markku LEHTONEN et Tom BAULER (2017). « Introduction. Les indicateurs participatifs tiennent-ils leurs promesses? » In : *Participations* 18.2, p. 9-38. DOI : [10.3917/parti.018.0009](https://doi.org/10.3917/parti.018.0009). URL : https://www.cairn.info/revue-participations-2017-2-page-9.htm?WT.mc_id=PARTI_018 (cf. p. 254).
- SEIBOLD, Sebastian et al. (2019). « Arthropod Decline in Grasslands and Forests Is Associated with Landscape-Level Drivers ». In : *Nature* 574.7780, p. 671-674. DOI : [10.1038/s41586-019-1684-3](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3). URL : <http://www.nature.com/articles/s41586-019-1684-3> (cf. p. 41, 83).
- SEN, Amartya (1992). *Inequality Reexamined*. Oxford : Oxford University Press. URL : <https://oxford.universitypressscholarship.com/view/10.1093/0198289286.001.0001/acprof-9780198289289> (cf. p. 65, 256).
- SHAW, Rosalind F. et al. (2020). « Mass-Flowering Crops Have a Greater Impact than Semi-Natural Habitat on Crop Pollinators and Pollen Deposition ». In : *Landscape Ecology* 35.2, p. 513-527. DOI : [10.1007/s10980-019-00962-0](https://doi.org/10.1007/s10980-019-00962-0). URL : <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00962-0> (cf. p. 83, 171).
- SHRADER-FRECHETTE, Kristin Sharon et Earl D. MCCOY (1993). *Method in Ecology : Strategies for Conservation*. Cambridge, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord : Cambridge University Press. ix+328 (cf. p. 106, 270).

- SIRAMI, Clélia et al. (2019). « Increasing Crop Heterogeneity Enhances Multitrophic Diversity across Agricultural Regions ». In : *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116.33, p. 16442-16447. DOI : [10.1073/pnas.1906419116](https://doi.org/10.1073/pnas.1906419116). URL : <https://www.pnas.org/content/116/33/16442> (cf. p. 46).
- SMITH, Wendy K. et Marianne W. LEWIS (2011). « Toward a Theory of Paradox : A Dynamic Equilibrium Model of Organizing ». In : *Academy of Management Review* 36.2, p. 381-403. DOI : [10.5465/amr.2009.0223](https://doi.org/10.5465/amr.2009.0223). URL : <https://journals.aom.org/doi/10.5465/amr.2009.0223> (cf. p. 30, 210, 211).
- SOULÉ, Michael E. (1985). « What Is Conservation Biology? » In : *BioScience* 35.11, p. 727-734. DOI : [10.2307/1310054](https://doi.org/10.2307/1310054) (cf. p. 38).
- STANTON, R.L., C.A. MORRISSEY et R.G. CLARK (2018). « Analysis of Trends and Agricultural Drivers of Farmland Bird Declines in North America : A Review ». In : *Agriculture, Ecosystems & Environment* 254, p. 244-254. DOI : [10.1016/j.agee.2017.11.028](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.028). URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016788091730525X> (cf. p. 40).
- STAR, Susan Leigh (2010). « Ceci n'est pas un objet-frontière! » In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 4.1, p. 18-35. DOI : [10.3917/rac.009.0018](https://doi.org/10.3917/rac.009.0018). URL : <https://www.cairn.info/revue-anthropologie-des-connaissances-2010-1-page-18.htm> (cf. p. 237).
- STAR, Susan Leigh et James R. GRIESEMER (1989). « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». In : *Social Studies of Science* 19.3, p. 387-420 (cf. p. 30, 88, 235).
- STEFFEN, Will et al. (2015). « The Trajectory of the Anthropocene : The Great Acceleration ». In : *The Anthropocene Review* 2.1, p. 81-98. DOI : [10.1177/2053019614564785](https://doi.org/10.1177/2053019614564785). URL : <https://doi.org/10.1177/2053019614564785> (cf. p. 38).
- STENGERS, Isabelle (2013). *Une autre science est possible! : manifeste pour un ralentissement des sciences*. Les Empêcheurs de penser en rond. Paris, France : La Découverte. 214 p. (cf. p. 31, 257, 258).
- SUQUET, Jean-Baptiste, Damien COLLARD et Nathalie RAULET-CROSET (2020). « L'organisation d'un management collaboratif entre acteurs publics et acteurs civils : le rôle d'organisation frontière d'une association d'insertion dans l'emploi pour les jeunes diplômés ». In : *Gestion et management public* 8.1, p. 9-26. DOI : [10.3917/gmp.081.0009](https://doi.org/10.3917/gmp.081.0009). URL : <https://www.cairn.info/revue-gestion-et-management-public-2020-1-page-9.htm> (cf. p. 99).
- SYMONDSON, W. O. C., K. D. SUNDERLAND et M. H. GREENSTONE (2002). « Can Generalist Predators Be Effective Biocontrol Agents? » In : *Annual Review of Entomology* 47, p. 561-594. DOI : [10.1146/annurev.ento.47.091201.145240](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240). URL : <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ento.47.091201.145240> (cf. p. 73).
- TAHAR, Caroline (2018). « Des recettes marchandes pour un service public, une stratégie paradoxale? » In : *Revue française de gestion* 274.5, p. 77-90. DOI : [10.3166/rfg.2018.00223](https://doi.org/10.3166/rfg.2018.00223). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2018-5-page-77.htm> (cf. p. 211).

- TOFFOLINI, Quentin et al. (2017). « Farmers' Use of Fundamental Knowledge to Re-Design Their Cropping Systems : Situated Contextualisation Processes ». In : *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 80, p. 37-47. DOI : [10.1016/j.njas.2016.11.004](https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.11.004). URL : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1573521416300719> (cf. p. 65, 248, 251).
- TOOKER, John F. et Steven D. FRANK (2012). « Genotypically Diverse Cultivar Mixtures for Insect Pest Management and Increased Crop Yields ». In : *Journal of Applied Ecology* 49.5, p. 974-985. DOI : [10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x). URL : <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x> (cf. p. 45).
- TOWNLEY, Barbara (1993). « Foucault, Power/Knowledge, and Its Relevance for Human Resource Management ». In : *Academy of Management Review* 18.3, p. 518-545. DOI : [10.5465/amr.1993.9309035149](https://doi.org/10.5465/amr.1993.9309035149). URL : <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/amr.1993.9309035149> (cf. p. 89).
- TROMPETTE, Pascale et Dominique VINCK (2009). « Retour sur la notion d'objet-frontière ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 3.1, p. 5-27. DOI : [10.3917/rac.006.0005](https://doi.org/10.3917/rac.006.0005). URL : <https://www.cairn.info/revue-anthropologie-des-connaissances-2009-1-page-5.htm> (cf. p. 237).
- TSCHARNTKE, Teja et al. (2005). « Landscape Perspectives on Agricultural Intensification and Biodiversity – Ecosystem Service Management ». In : *Ecology Letters* 8.8, p. 857-874. DOI : [10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x). URL : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x> (cf. p. 46).
- UNITED-NATIONS (1992). *Convention on Biological Diversity*. United Nations, p. 28. URL : <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf> (cf. p. 38).
- VALETTE, Annick, Pauline Fatien DIOCHON et Franck BURELLIER (2018). « "À chacun son paradoxe" ». In : *Revue française de gestion* 270.1, p. 115-126. DOI : [10.3166/rfg.2017.00169](https://doi.org/10.3166/rfg.2017.00169). URL : <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2018-1-page-115.htm> (cf. p. 211).
- Van de GEVEL, Jeske, Jacob van ETTEN et Sebastian DETERDING (2020). « Citizen Science Breathes New Life into Participatory Agricultural Research. A Review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 40.5, p. 35. DOI : [10.1007/s13593-020-00636-1](https://doi.org/10.1007/s13593-020-00636-1). URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-020-00636-1> (cf. p. 70).
- VANLOQUEREN, Gaetan et Philippe V. BARET (2009). « How Agricultural Research Systems Shape a Technological Regime That Develops Genetic Engineering but Locks out Agroecological Innovations ». In : *Research Policy* 38.6, p. 971-983. DOI : [10.1016/j.respol.2009.02.008](https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.02.008). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733309000614> (cf. p. 61).
- VILLEMARINE, Robin (2013). « Le conseil agricole des chambres d'agriculture et des coopératives : entre convergence et différenciation ». In : *Pour* 219.3, p. 67-73. DOI : [10.3917/pour.219.0067](https://doi.org/10.3917/pour.219.0067). URL : <https://www.cairn.info/revue-pour-2013-3-page-67.htm> (cf. p. 52).
- WAGNER, David L. (2019). « Global Insect Decline : Comments on Sánchez-Bayo and Wyckhuys (2019) ». In : *Biological Conservation* 233, p. 332-333. DOI : [10.1016/j.bi](https://doi.org/10.1016/j.bi)

- ocon.2019.03.005. URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320719303325> (cf. p. 40).
- WEZEL, A. et al. (2009). « Agroecology as a Science, a Movement and a Practice. A Review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 29.4, p. 503-515. DOI : [10.1051/agro/2009004](https://doi.org/10.1051/agro/2009004). URL : <https://doi.org/10.1051/agro/2009004> (cf. p. 59).
- WILSON, Edward O. (1985). « The Biological Diversity Crisis ». In : *BioScience* 35.11, p. 700-706. DOI : [10.2307/1310051](https://doi.org/10.2307/1310051) (cf. p. 38).
- WRETENBERG, Johan, Tomas PÄRT et Åke BERG (2010). « Changes in Local Species Richness of Farmland Birds in Relation to Land-Use Changes and Landscape Structure ». In : *Biological Conservation* 143.2, p. 375-381. DOI : [10.1016/j.biocon.2009.11.001](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.11.001). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320709004650> (cf. p. 40).
- WWF (2020). *Living Planet Report - 2020 : Bending the Curve of Biodiversity Loss*. Gland : WWF, p. 164. URL : https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2020-11/20200910_Rapport_Planete_Vivante_WWF.pdf (cf. p. 40).

ANNEXES

A Résultats des analyses de l'OAB présentés lors des entretiens

Grandes-Cultures

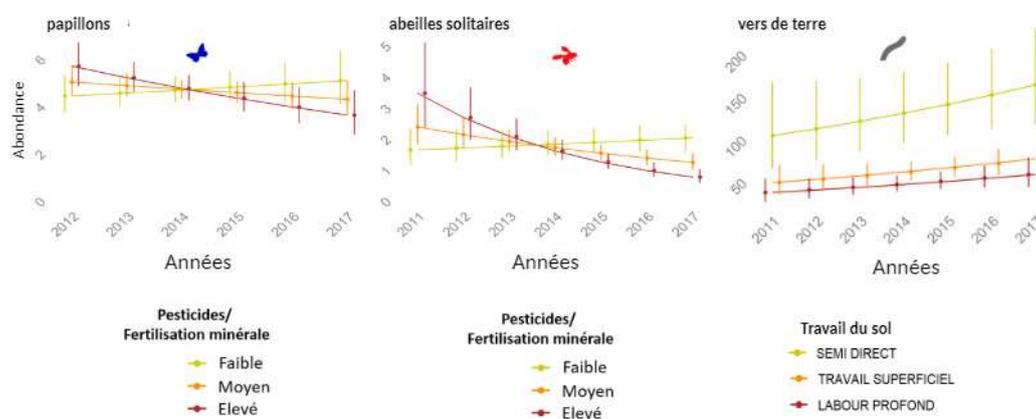
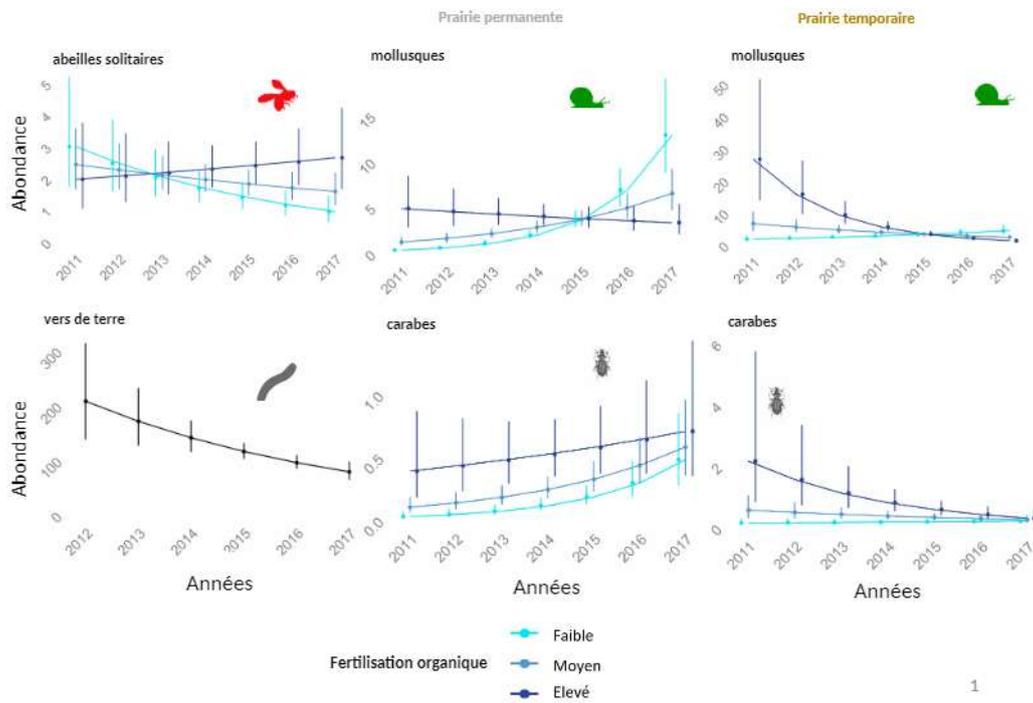


FIGURE A.1. – Tendances temporelles en grandes cultures présentées lors des entretiens.

Prairies



1

FIGURE A.2. – Tendances temporelles en prairies présentées lors des entretiens.

B Communication AIRMAP



Entre le ministère et la terre : la recherche de proximité des sciences participatives révélatrice de paradoxes.

Olivier Billaud¹, Etienne Maclouf^{1,2}

1 : Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, 43 rue Buffon, 75005 Paris, France

2 : CEREGE - Centre de REcherche en GEstion - EA 1722, La Rochelle Université, 39 rue de Vaux De Foletier, 17024 La Rochelle, France

Correspondance:

olivier.billaud@edu.mnhn.fr / etienne.maclouf@univ-lr.fr

Résumé

Nous avons mené une recherche-intervention dans l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB), un programme de sciences participatives destiné aux agriculteurs afin d'observer la biodiversité de leurs parcelles. Mobilisant l'approche par les paradoxes nous montrons que la recherche de proximité de l'OAB et ses appropriations sont productrices et révélatrices de paradoxes. Nous observons une tension entre la production de connaissances à l'échelle nationale, trop générales, et la volonté opérationnelle des participants, difficile à satisfaire à cause de la nature contingente de la biodiversité. Des dynamiques existent pour essayer de dépasser ces tensions, notamment à travers une valorisation socio-politique du programme ou des productions de connaissances plus "profanes". Ces résultats donnent corps à l'ambiguïté actuelle des modes de production des

connaissances en agronomie, entre tentation normative et volonté d'intégration des savoirs locaux de l'agriculteur. Nous questionnons au final la posture d'expertise et de généralisation qui s'avère peu opérationnelle face aux enjeux de biodiversité.

Abstract

We conducted a research-intervention in the farmland biodiversity observatory (FBO), a citizen science programme wherein farmers monitored biodiversity. Using the theory of paradox, we show that the FBO's research of proximity and its appropriations are producing and revealing paradoxes. We noticed a tension between the production of general knowledge on a national scale and the operational will of the farmers, hard to satisfy given the contingent nature of biodiversity. Dynamics exist to overcome these tensions, for instance through socio-political uses or production of "lay" knowledge on the field. These results illustrate the current ambiguity about knowledge production methods in agronomy, between the temptation of regulatory frameworks and the desire to integrate farmers' local knowledge. We therefore question the position of expertise and generalisation, which is not operational for biodiversity issues.

Mots clé (5) : paradoxe, proximité, sciences participatives, agriculture, biodiversité

Keywords (5): paradox, proximity, citizen science, agriculture, biodiversity

INTRODUCTION

Depuis les années 1950, les approches cognitives soulignent l'importance d'ancrer l'action managériale dans les réalités concernées. Les pères fondateurs du management, fin du 19^{ième} - début du 20^{ième} siècle, étaient généralement ingénieurs au sein des usines qu'ils commandaient (Rojot, 2003). La connexion au terrain était une donnée naturelle. Avec la croissance de la taille des organisations, cette proximité a largement diminué. On assiste à des phénomènes de découplage. Les outils et procédures prescrits par les experts peuvent réduire l'autonomie du manager alors qu'il est le plus à même d'interpréter l'environnement (Dill, 1958 ; Girin, 1983 ; Hatchuel, 2012). Les administrations publiques cherchent à corriger ce type de dérives et la recherche de proximité est devenue un leitmotiv en management public. En se centrant exclusivement sur la performance, le nouveau management public (NMP) a cherché à associer l'action managériale publique à l'activité, via des mesures issues du terrain. Mais les mêmes phénomènes de découplage se sont produits dès lors que les indicateurs sont déconnectés des préoccupations du terrain.

Ce problème est particulièrement bloquant dans le domaine de l'agriculture où les politiques publiques sont désormais enjointes de financer des pratiques compatibles avec la préservation de la biodiversité. En l'absence de modèle de production établi généralisable, l'action publique est tributaire des capacités de changement développées par les acteurs de terrain. En réponse, certaines initiatives tentent de construire les indicateurs de gestion à l'aide d'un dialogue avec les personnes en charge des productions. L'Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB) que nous étudions ici en fait partie. Ce programme de sciences participatives à destination des professionnels agricoles renoue avec la tradition du contrôle de gestion (Anthony et Ardoin, 1993). Il offre un espace destiné aux acteurs de terrain pour produire des connaissances sur les relations entre leurs pratiques et la biodiversité et encourager les pratiques les plus vertueuses. En associant directement les opérationnels à la production d'indicateurs, l'OAB espère ainsi engager des processus d'apprentissages collectifs dans le sens recherché. Dans le cadre de notre recherche intervention (Suquet, 2020), nous avons observé un réel succès de la démarche, avec une appropriation importante de l'outil de gestion et un ensemble d'attentes exprimées révélatrices de l'engagement des professionnels de terrain. Cependant, ce succès a généré des obstacles qui mettent en question l'ensemble du dispositif managérial en agriculture, basé sur l'expertise. Dans cet article, nous proposons d'analyser ces mécanismes sous l'angle des paradoxes. Cette approche théorique nous

permet de comprendre les ambivalences entre enjeux nationaux et locaux initiées par cette nouvelle proximité.

1. L'OBSERVATOIRE AGRICOLE DE LA BIODIVERSITE

1.1. Un programme de sciences participatives avec un double enjeu

L'Observatoire Agricole de la Biodiversité est un programme de science participative de suivi de la biodiversité agricole par les agriculteurs. Né en 2011 du développement et de la légitimation de la science participative (Julliard, 2017), il fait écho à la volonté d'intégrer la société dans l'action publique. Ses deux objectifs traduisent cette recherche de proximité: d'une part, renseigner une base de données destinée aux scientifiques, permettant de tracer les tendances globales à long terme de la biodiversité ordinaire en milieu agricole ; d'autre part, sensibiliser et accompagner les acteurs locaux impliqués dans une trajectoire d'amélioration des pratiques agricoles.

L'OAB repose sur une animation nationale tripartite entre le Muséum national d'Histoire naturelle, le Ministère de l'Agriculture et l'Association Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) et sur des relais locaux (qui forment des « réseaux » de participants). Ces animateurs locaux sont divers (chambre d'agriculture, association naturaliste, fédération de chasse, coopérative, etc.) et accompagnent les agriculteurs dans la mise en place des protocoles de suivi de la biodiversité. Bien que le programme soit national, chaque réseau a sa dynamique et ses objectifs propres. Par ailleurs, la diversité des animations locales engendre une diversité des agriculteurs investis dans l'OAB. Le pourcentage d'agriculteurs en production biologique est de 20 % (supérieur au taux national de 7,5%) avec une augmentation de 16 % entre 2011 et 2017, ce qui est similaire au reste du territoire.

Le cœur de l'animation est situé au Muséum, afin de gérer la base de données et produire un appui scientifique. Le Ministère et l'APCA fournissent un appui à cette animation en apportant une expertise agronomique et en facilitant la construction du réseau professionnel autour de l'OAB.

L'OAB propose cinq protocoles pour observer des espèces reliées aux pratiques agricoles : les abeilles solitaires (pollinisation), les papillons (état du paysage), les vers de terres (fertilité du sol), les invertébrés du sol (mollusques et carabes, respectivement ravageurs et auxiliaires) et les chauves-souris (auxiliaires). Ces protocoles simplifiés demandent peu de matériel et une identification sommaire des espèces. Ils sont réalisés sur

différents types de culture (grandes cultures, viticulture, maraîchage, arboriculture, prairies) et standardisés (périodes d'observation, matériel, clés d'identification des espèces...) afin d'avoir des données comparables à l'échelle nationale. Encouragée sur plusieurs années afin de produire des tendances temporelles, la participation est volontaire, sans engagement et non rémunérée.

L'OAB est un exemple d'action publique associant, d'une part, la volonté de production d'indicateurs caractéristique d'une approche du nouveau management public (Guimont, 2018) et d'autre part la dimension capacitante et créatrice de lien des sciences participatives (Julliard, 2017). Le programme se donne l'objectif d'apporter de la connaissance aux participants, et affiche une volonté de proximité avec eux.

1.2 Quelles connaissances produites par l'OAB ? Une recherche-intervention au sein du programme

Après plusieurs années d'existence, une première étude est menée afin de comprendre les apprentissages et changements potentiellement induits par l'OAB. Membre de l'équipe d'écologues en charge du programme, le premier auteur a adopté une posture de recherche-intervention. Le livrable attendu était une étude nationale d'écologie sur les données récoltées. A l'issue de cette étude, il a enquêté auprès des professionnels de terrain pour connaître les contextes de mise en place de l'OAB et explorer l'apport de ces connaissances ainsi que les éventuels apprentissages réalisés.

Notre approche comprend donc une recherche intervention, une analyse de documents et 27 entretiens semi-directifs menés auprès d'agriculteurs participants, des animateurs locaux mais aussi de l'équipe d'animation nationale présente et passée, d'une durée moyenne de 1h20. Les données collectées ont permis d'étudier les pratiques à différentes échelles territoriales : nationale (Ministère, Muséum, « tête de réseaux »), régionale (animateurs locaux), locale (lycées agricoles et agriculteurs).

L'analyse des entretiens s'est faite par codage multithématique (Ayache et Dumez, 2011). Le matériau a été quadrillé par des thèmes hétérogènes, issus de la méthodologie, de la théorie et du matériau lui-même, et se recoupant, afin de classer les extraits d'entretiens dans des catégories différentes. Cela force le chercheur à regarder des extraits d'entretiens à travers des « ressemblances/différences » et donc à changer de manière de voir le matériau. L'aller-retour entre matériau et théorie nous a amené à enrichir le codage par les approches sur les outils de gestion et sur les paradoxes. Ce n'était donc pas une hypothèse préalable mais un cadre théorique permettant d'interpréter ce qui s'exprimait du terrain.

Dans ce qui suit, nous présentons succinctement cette théorie des paradoxes (Schad et al, 2016), et montrons pourquoi elle nous semble particulièrement adaptée pour aborder les outils de gestion des transformations des politiques publiques comme l'OAB.

2. LES PARADOXES, UNE OPTIQUE D'ETUDE DE L'OAB.

Dans cette partie, nous présentons la notion de paradoxe ainsi que les différentes catégories de paradoxes identifiées dans la littérature qui nous ont permis d'analyser nos résultats.

2.1 Les paradoxes, source de compréhension des dynamiques organisationnelles

Le paradoxe peut être défini comme « une contradiction permanente entre deux éléments interdépendants ». Trois éléments sont clés dans cette définition : la contradiction, l'interdépendance et la persistance. La contradiction provient de demandes logiques si prises isolément mais absurdes ensembles (Lewis, 2000). Elle est source de tension et d'opposition. L'interdépendance met en lumière les liens inextricables entre les éléments, comme « deux faces d'une même pièce ». Contrairement au dilemme, dans un paradoxe, on ne peut choisir et séparer une face de l'autre. La dernière caractéristique du paradoxe est sa persistance au cours du temps. Le paradoxe est rarement complètement résolu (Smith et Lewis, 2011). Il peut néanmoins rester latent dans une organisation et ne devenir visible et source de tensions que sous certaines conditions telles que l'apparition d'une pluralité de points de vue, une volonté de changement ou la limitation des ressources (Smith et Lewis, 2011).

La pensée paradoxale est exigeante mais fertile. Elle demande de raisonner simultanément sur des dimensions à priori contradictoires, ce qui renouvelle nos regards sur l'organisation et les situations de gestion (Lewis, 2000). En effet l'interdépendance des éléments incite à des relations cycliques entre des forces opposées. Cette vision invite à passer d'un management de contrôle recherchant la solution à des processus dynamiques gérant et travaillant avec le paradoxe. D'après la littérature, pour être vertueux, le management du paradoxe est important. A cette fin, celle-ci propose différentes typologies de paradoxes et de moyens de les réguler.

2.2 Catégorisation et régulation des paradoxes

Quatre types de paradoxes sont classiquement identifiés : de l'organisant, identitaire, de performance et d'apprentissage (Smith et Lewis, 2011).

Le paradoxe de l'organisant provient de tensions dans la différenciation et l'intégration organisationnelle : les organisations ont des sous-systèmes qui agissent de manière indépendante mais qui restent interdépendants. Un exemple est la tension existante entre une activité d'exploration à la recherche d'innovations et une activité d'exploitation optimisant la production existante. Ce paradoxe est courant dans les phases de restructuration (Luscher et Lewis, 2008) ou dans les organisations hybrides (Tahar, 2018).

Le paradoxe identitaire est envisagé à une échelle méso. Celui-ci apparaît lorsque les valeurs et croyances de différents groupes rentrent en tensions. Les acteurs de ces groupes interagissent mais n'arrivent pas à concilier ces valeurs. Par exemple Luscher & Lewis (2008) montrent lors d'une restructuration la difficulté ressentie par les managers entre le besoin de faire confiance à leurs collègues et l'absence de routines de travail et de relations stables permettant cette confiance.

Le paradoxe de performance est principalement ressenti par les individus, lorsque la complexité des buts et de la structure de l'organisation les placent face à des injonctions inconsistantes. Valette et al (2018) montrent la variabilité des postures des chefs de pôles hospitaliers devant gérer des injonctions potentiellement contradictoires entre la maîtrise des ressources financières et le développement de l'activité du service.

Enfin le paradoxe d'apprentissage se déploie à travers des modes de savoir et d'acquisition des connaissances différents. Les tensions ressortent par exemple dans des projets alternant innovation radicale et innovation incrémentale ou dans la contradiction entre construction sur l'expérience passée ou faire table rase pour innover. Selon Jarzabkowski et al (2013) le paradoxe d'apprentissage est rarement constaté directement car sous-jacent aux autres.

Ces auteurs soulignent l'importance des relations dynamiques entre les différents paradoxes et les réponses apportées. Quatre types de réponses, trois défensives (séparation, suppression, opposition) et une active (ajustement) génèrent une association récursive entre les paradoxes d'organisant, identitaire et de performance, chacun situé à une échelle différente. Selon un modèle quasi-structurationniste, les actions des individus et des groupes pour gérer les paradoxes de performance et identitaire s'incorporent aux procédures de l'organisation, alimentant la réponse à un paradoxe d'organisation. En retour, cette incorporation

influence les nouvelles réponses aux niveaux méso et micro (Jarzabkowski et al, 2013). D'autres modes de régulation ont été identifiés, tous pouvant être classés comme régulations défensives, qui ont pour objet premier de limiter les effets perturbateurs du paradoxe mais sans réellement répondre à l'enjeu, ou comme réponses actives, plus exigeantes mais qui reconnaissent le potentiel créatif du paradoxe et cherchent à l'exploiter.

Si la qualification des paradoxes commence à faire consensus théorique, l'enjeu se porte sur les voies de leur régulation, leur diversité suggérant des combinaisons possibles (Grimand et al, 2018a). Les outils de gestion en particulier semblent jouer un rôle dans la régulation des paradoxes (Grimand et al, 2018b). Leur relation est dialectique : les paradoxes orientent le déploiement des outils tandis que ces derniers sont régulièrement mobilisés pour résoudre des paradoxes. La capacité de régulation des outils de gestion dépend cependant de l'importance de leur couplage avec l'organisation. Selon Grimand et al (2018b), un couplage fort (importance de l'usage prescrit, existence de règles et d'inspection, etc.) de l'outil avec l'organisation tend à renforcer une régulation des paradoxes par le dilemme et une résolution seulement apparente. Inversement, un couplage faible de l'outil (système ouvert, degré d'interdépendance des éléments variable et soumis à une part d'indétermination) autoriserait une prise en charge des paradoxes plus constructive en facilitant le processus de construction de sens autour de l'outil et en laissant un espace pour des usages émergents.

2.3 Pertinence des paradoxes pour comprendre l'OAB

Nous définissons l'OAB comme un outil de gestion reliant la biodiversité agricole aux pratiques agronomiques et au paysage via les protocoles d'observation et le recueil d'informations sur l'exploitation. Or, le déploiement des outils de gestion est rarement univoque. Encastrés dans des jeux socio-politiques et institutionnels complexes ils provoquent des appropriations plurielles (De Vaujany, 2006). Ces appropriations sont révélatrices de leur aspect paradoxal. D'une part, ils sont contraignants car ils imposent une lecture des situations et focalisent l'attention sur certaines valorisations et légitimations du réel, allant jusqu'à s'inscrire dans des effets disciplinant (Townley, 1993). D'autre part, ils sont habilitants car ils créent une économie cognitive qui ouvre des possibilités d'engagement et d'orientation de l'action. A travers l'appropriation, les participants en font un support d'apprentissage ainsi qu'un vecteur de réflexivité et de transformation (Grimand, 2016). L'OAB permet ainsi l'observation de la biodiversité agricole tout en la simplifiant, les protocoles se focalisant sur certaines espèces et avec une identification sommaire. Les appropriations

du programme jouent le rôle de révélateur de tensions que nous interprétons comme les paradoxes qui parcourent l'outil et, comme nous en discuterons, la production des connaissances sur les pratiques agricoles.

3. L'OAB, UN OUTIL DE GESTION REVELATEUR DE PARADOXE

Nos entretiens révèlent que l'appropriation de l'OAB crée une tension entre les dynamiques et enjeux nationaux et les attentes d'interprétation locale des résultats scientifiques du programme. L'OAB doit conjuguer avec une tension inhérente dans le rapprochement des participants, et qui se présente sous les trois dimensions des paradoxes de gestion : performance, identité et organisant.

3.1 Paradoxe de performance : face à l'incapacité de produire un savoir normatif opérationnel

La participation à l'OAB met en avant la biodiversité comme élément de l'agro-écosystème, observé et identifié. Les participants s'approprient ces nouvelles connaissances et espèrent les intégrer pour améliorer leurs pratiques. Ils expriment une demande d'aide à la gestion, de guide au pilotage de la biodiversité sur leurs exploitations. En témoigne un agriculteur : *« Parce que je veux trouver des explications. L'année dernière on avait une explication avec la sécheresse c'était très particulier. Mais cela ne me satisfait pas. Cette année on devrait avoir mieux. On a besoin, c'est l'impression que j'ai moi dans ce truc-là, on a besoin de comprendre, de se mesurer et de savoir ce que l'on peut améliorer »*. Ou encore une conseillère de chambre d'agriculture : *« Dès le départ ils nous ont dit "ouais c'est bien d'observer, d'être sensibilisé à cette observation. On observe mais on veut aller au-delà." En se disant ok j'ai plus de vers de terre chez mon voisin. J'en ai moins. Les pollinisateurs, les invertébrés. Pourquoi ? Qu'est-ce qu'il faut je mette en place pour profiter, pour qu'il y ait un meilleur développement. Donc voilà c'est vraiment une attente des agriculteurs d'aller au-delà de la simple observation et de faire un lien avec leurs pratiques. »*.

De nombreux réseaux ont développé cette attente d'indicateurs et d'aide au pilotage qui est parfois devenue leur principal objectif : *« Et l'objectif final que nous a donné le conseil régional qui nous finance c'est de sortir un petit guide ou des fiches... De sortir quelque chose qui donne les grandes lignes de ce qui est favorable sur une exploitation agricole pour la biodiversité »* (Conseillère chambre) ; *« moi quand je le présentais je le vendais un peu comme cela : vous allez avoir des résultats, des pistes, c'était la volonté initiale d'avoir quelque chose, de vraies analyses qui*

puissent être faites sur les données collectées. » (CPIE) ; « Alors on était parti sur les abeilles solitaires plus pour avoir un indicateur sur les milieux agricoles et puis sur la biodiversité ordinaire comme on l'appelle en fait. »(Chargée de mission biodiversité).

Néanmoins, l'exploitation des données s'avère généralement très difficile. A l'échelle locale les observations souffrent de plusieurs limites inhérentes aux sciences participatives : i) une identification sommaire des espèces, ii) un respect des protocoles variable en particulier sur les dates d'installation des protocoles et sur la régularité des observations, iii) un échantillonnage non coordonné sur le territoire, au « bon vouloir » des agriculteurs, en fonction ce qui les arrange sur leurs exploitations ou de questionnements spécifiques, ce qui ne permet pas de contrôler les conditions environnementales autour des protocoles, iv) un nombre de participants par réseau généralement encore trop faible pour obtenir une puissance statistique correcte.

Parallèlement, à l'échelle nationale, pour laquelle la partie scientifique du programme a été conçue, les difficultés d'analyse statistiques sont en partie résolues par la multitude de données d'observations. Néanmoins, cela limite la mise en application des résultats scientifiques sur les territoires, avec les mêmes difficultés déjà soulevées sur les indicateurs synthétiques des outils de gestion (Moison, 2005). Les résultats sont généraux sur la France, et ne peuvent guider directement l'action locale.

Face à ce paradoxe de performance les acteurs développent des modes de gestion différents selon l'appropriation de l'outil. Certains dépassent les limites « scientifiques » des données en s'émancipant en partie du cadre des protocoles nationaux. Les protocoles sont définis selon une question précise et le plan d'échantillonnage est destiné à y répondre. Les protocoles sont parfois modifiés ou adaptés aux conditions locales. Ainsi, une fédération de chasse expérimente à l'aide des protocoles si des aménagements paysagers destinés à lutter contre l'érosion sont bénéfiques pour la biodiversité. Un effort salarial conséquent est consenti pour les observations et certains protocoles sont adaptés pour correspondre aux aménagements : *« dans le cas des planches [à invertébrés] on va les disposer différemment par rapport au protocole. Parce que dans le protocole c'est une [planche] en bordure de parcelle, une à cinquante mètres et puis une autre dans le centre de la parcelle pour former un triangle. Alors que dans l'aménagement vu que ce n'est pas super large on va les mettre en ligne »*. Ici les participants restent dans une approche assez normative mais ils ont corrigé les problèmes des protocoles en privilégiant leur problématique locale et en s'autorisant une adaptation. C'est une

résolution de type « séparation », l'échelle locale étant privilégiée. Les observations ne sont plus exploitables à l'échelle nationale, ce qui n'est pas problématique tant que les autres observations sur le territoire national sont nombreuses et toujours standardisées.

D'autres réseaux ont une utilisation socio-politique du programme. Le paradoxe est toujours présent (ces réseaux espèrent aussi utiliser leurs observations comme aide au pilotage) mais d'autres voies de valorisation locale sont explorées, ici en utilisant l'image et le capital symbolique du programme national et non plus l'apport scientifique direct. La participation à l'observatoire entre dans un jeu de légitimation territoriale ou sectorielle. C'est le cas d'une coopérative qui valorise les protocoles auprès de ses clients en aval, les filières agro-alimentaires exigeant la mise en place d'actions pour la biodiversité : *« Il y a plusieurs entreprises, qui sont des clients pour la coop et qui mettent en place un cahier des charges de production où les enjeux de biodiversité ressortent de plus en plus. Ils veulent qu'on fasse des actions mais on est assez libre dans le choix de ce qu'on fait. Et du coup on en profitait pour valoriser les suivis qu'on faisait dans les protocoles de l'OAB. »* Ou encore une association de défense de l'environnement constituée principalement d'agriculteurs et pour qui l'OAB est également un moyen de montrer leur investissement et de se faire reconnaître : *« Pour nous, pour l'asso, c'est une image de qualité de travailler avec l'OAB. Parce que c'est une reconnaissance nationale, ce n'est pas n'importe qui. C'est une méthode, un outil qu'on utilise qui nous permet de nous valoriser. »* Le développement de l'OAB lui a d'ailleurs permis de développer des partenariats auprès d'acteurs de recherche locaux (INRAE, etc.).

Enfin, certains participants se satisfont d'une utilisation « profane » de l'observatoire. A l'échelle de leur exploitation ou de leur territoire, ils essaient d'interpréter les observations en fonction des savoirs locaux, sans rechercher une montée en généralité (reconnaissant d'ailleurs la faiblesse statistique pour cela), préférant l'exploration, l'expérimentation, émettre des hypothèses pour relier leurs observations et la conduite de l'exploitation. Une fédération de chasse observant les abeilles solitaires sur des champs semés en jachères fleuries exprime ainsi : *« Il nous faudrait énormément de données comme vous le faites pour arriver à avoir des statistiques cumulables. Mais bon on a quand même... Après il ne faut pas faire énormément de généralités mais souvent on voit que la première année il n'y a pas grand-chose, la seconde année soit le nichoir est colonisé un peu plus tôt dans la saison, après faut voir avec les conditions climatiques aussi. L'an dernier on a fait exprès de poser le nichoir avant*

le semis. Il y avait quelques alvéoles de remplis. Donc on se dit qu'il y a des abeilles même quand on ne fait pas nos aménagements. Par contre cette année la jachère était ultra fleurie et le sainfoin a explosé et il y a un nichoir sur les deux qui était plein. Donc bon on se dit que c'est quand même utile. Après voilà on a certains endroits où on ne comprend pas trop. » De même une coopérative réalisant les protocoles dans le cadre de groupe de fermes DEPHY (ayant un projet de réduction du recours aux produits phytosanitaires) explique que le but « *était d'apporter un petit outil pour sensibiliser les exploitants à la biodiversité. Peu importe les résultats c'est de les mettre en place. Et c'est ça qui est le plus important. [...] Le but c'était de les sensibiliser un petit peu. Je n'ai pas de biodiversité, pourquoi. En quoi mes pratiques impactent sur cette biodiversité spécifique.* » L'observation et l'apprentissage sur une biodiversité quelques fois ignorée permettent aussi de changer la perception et le regard des professionnels.

La participation directe génère des appropriations révélatrices d'un paradoxe de performance dans la production de connaissances relatives à la biodiversité et aux pratiques agricoles. Encore inscrit dans une culture de prescription, l'OAB ne peut y répondre : les analyses nationales sont trop éloignées du terrain et la multiplicité des facteurs influençant la biodiversité ne permettent pas de généraliser. Le déploiement de l'OAB crée un besoin local qui vient s'ajouter aux objectifs nationaux du programme. La gestion du paradoxe est plutôt défensive pour le moment. Certains réseaux séparent savoir local et savoir national en privilégiant l'interprétation locale (mais avec deux techniques de production du savoir différentes). Les autres réseaux trouvent des voies de valorisation de l'OAB autre que scientifique, principalement socio-politique.

3.2 Paradoxe identitaire et d'organisant : un risque de séparation entre le national et le local

Si le paradoxe de performance est classiquement situé à l'échelle individuelle, il entraîne des paradoxes à d'autres niveaux (Jarzabkowski et al, 2013). En l'absence d'une animation nationale forte, des participants ont commencé à se démobiliser. Un paradoxe identitaire reste sous-jacent entre participants locaux et nationaux. Pour se mobiliser, les réseaux expriment un besoin d'appartenance au programme, or le paradoxe de performance entre les échelles locale et nationale peut être un frein. Une réciprocité est nécessaire : « *Le risque c'est si on arrive pas à se nourrir des résultats qui sortent. Et j'ai envie de dire globalement il y a la démarche de réseau qui est valable pour l'OAB comme pour le reste. [...]* On est favorable car cela contribue à alimenter la curiosité des

agriculteurs, cela fait du réseau, on peut proposer des actions. Par contre la motivation cela s'alimente, perdure dans le temps et s'élargit si la base sent une réelle réciprocité. Par exemple on a participé à d'autres inventaires participatifs [...] on a dit oui car on s'est dit que cela pourrait intéresser les agriculteurs mais on leur a dit à une condition, c'est qu'il y ait une réciprocité et que les agriculteurs ne soient pas que contributeurs mais qu'ils soient aussi destinataires des analyses que vous faites » (Chambre d'agriculture)

Cela fait écho avec l'opposition potentielle entre les objectifs de l'OAB (indicateurs nationaux et sensibilisation), c'est-à-dire un paradoxe d'organisant. La standardisation des protocoles pour la production d'indicateurs nationaux aide à l'observation, mais elle peut aussi freiner l'appropriation par les acteurs (dimension contraignante et habilitant de l'outil).

L'animation nationale réduit cet écart en proposant des moments d'échanges (journée de rencontre, newsletter, webinaire) et en présentant les processus et résultats de la recherche. Ce sont d'une part des moyens de « faire un retour aux participants », de montrer la pertinence du programme à l'échelle nationale, donc de lui redonner de la légitimité. Mais c'est aussi l'occasion de rechercher des voies de valorisation et d'utilisation nouvelles des données, des moments d'échanges sur les problématiques des différents participants, donc les rapprocher cognitivement. Au moment de l'écriture de cet article, ces échanges ont permis de comprendre ce que les données pouvaient permettre ou non selon l'échelle d'analyse. A l'échelle nationale, la pertinence statistique est confirmée. La diffusion des résultats aide certains participants à faire évoluer leurs objectifs. On observe donc un entre-deux dans la résolution du paradoxe. La reconnaissance statistique semble l'encourager mais elle ne satisfait pas totalement la demande locale.

L'observatoire présente aussi la particularité d'impliquer à la fois le monde agricole auquel il s'adresse mais aussi le monde naturaliste en fournissant des données sur la biodiversité. De manière inattendue, l'OAB a permis d'établir des partenariats et échanges entre ces deux secteurs qui souffraient aussi d'un paradoxe identitaire, vecteur d'incompréhension et de conflit. Au niveau des territoires nous avons observé des échanges entre des structures naturalistes (Conservatoire d'Espace Naturel, Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement...) et les agriculteurs pour réaliser certains protocoles. Ces interventions sont des moments de découvertes et créatrices de lien entre structures du territoire. Au niveau national, l'OAB a permis des échanges entre le ministère de l'Agriculture

et celui de l'Environnement. Un exemple très parlant fut le rapprochement des animateurs OAB du Ministère et de l'APCA auprès des Plans Nationaux d'Action (PNA du Ministère de l'Environnement) sur les papillons et les chauves-souris : « *On est allé présenter l'OAB [...] dans un comité de pilotage du PNA papillons. C'était une session totalement magnifique en termes d'interculture. On avait face à nous une cinquantaine de personnes qui étaient toutes des naturalistes. Personne n'avait aucune compétence en agriculture. Et nous on arrivait [...] pour présenter un dispositif du ministère de l'Agriculture. [...] Et ils étaient étonnés que des représentants de ce qu'on voit de loin comme de grands méchants loups, ils parlaient d'un dispositif qui permettait de s'intéresser à la biodiversité. Whaah les mecs ils ouvraient les grands yeux. Non seulement ils ne nous ont pas rejetés mais ils nous ont accueillis à bras ouverts* ». Ces échanges favorisent une plus grande interculture, comme en témoigne par la suite la participation des animateurs de l'OAB à l'élaboration des actions des PNA visant le secteur agricole.

4. DISCUSSION

A l'aide du cadre théorique des paradoxes nous avons pu interpréter les tensions ressenties dans le déploiement de l'OAB. Ces paradoxes sont révélés par son appropriation et par la volonté du programme de travailler avec les acteurs de terrain. Selon nous, les résultats permettent d'établir que la recherche de proximité est un révélateur de paradoxes. En effet, la classification (Smith et Lewis, 2011) s'est avérée pertinente dans l'interprétation pour analyser les interactions qui ont lieu au cours de l'appropriation d'un outil à plusieurs échelles. Enfin, ces constats mettent en lumière les différents modes de production des connaissances traversant la démarche d'écologisation¹ de l'agriculture.

4.1 La recherche de proximité, catalyseur de paradoxes

L'OAB est un outil de gestion qui vise la proximité en faisant intervenir les acteurs de terrain dans la production de données. Il entremêle des acteurs à plusieurs échelles. Le programme est un succès : son appropriation par les différents acteurs génère des apprentissages collectifs sur la biodiversité mais cela s'accompagne de nouvelles attentes. Or ces dernières diffèrent selon les échelles ; en satisfaire une ne résout pas les autres. Ainsi ces paradoxes sont révélateurs de tensions naissant dans cette

1 Cette notion, issue de la sociologie de l'environnement, désigne la prise en compte croissante des enjeux environnementaux dans les politiques et pratiques agricoles (Deverre et De Sainte Marie, 2008)

recherche de proximité. Si celles-ci sont sources de questionnements et de remises en question, la recherche de moyens de gestion active de ces paradoxes permet de faire évoluer le programme et son fonctionnement. L'« émancipation scientifique » de certains réseaux ou le développement de nouveaux outils par l'animation sont des exemples d'évolutions à différentes échelles.

Nous avons également confirmé la pertinence du cadre théorique élaboré par les précédentes études sur les paradoxes. Nos observations ont pu facilement être interprétées à l'aide des catégories (Smith et Lewis, 2011) et nous avons pu relever les relations dynamiques entre les paradoxes et l'organisation (Jarzabkowski et al, 2013). Ainsi, les objectifs de l'OAB sont sources d'un paradoxe de l'organisant à l'échelle du programme. Les acteurs qui s'approprient le programme et ses objectifs mettent en relief un paradoxe de performance sur l'application locale des observations. Ces tensions alimentent potentiellement un paradoxe identitaire entre les réseaux locaux et l'animation nationale. Enfin les réponses à ces paradoxes s'incorporent à l'organisation (développement d'outil d'analyse, interactions entre acteurs, etc.).

Enfin en lien avec les constats de Jarzabkowski et al (2013) nous émettons l'hypothèse qu'un paradoxe d'apprentissage est sous-jacent à nos observations. Les apprentissages par l'OAB se font dans un cadre de changement incrémental. Il éveille à la biodiversité et permet de soulever des questionnements. Or intégrer la biodiversité dans son processus de production agricole, travailler avec cet allié très contingent, c'est changer radicalement la manière de concevoir ses pratiques, l'agronomie moderne s'étant développée à l'inverse sur la réduction de la variabilité du vivant (Cohen, 2017). Cela demanderait au final un réel un saut qualitatif dans la manière de concevoir ses actions alors même que l'évolution de l'agriculteur va être progressive, via ses expérimentations et étant donné ses contraintes ; d'où le paradoxe. Les apprentissages permis par l'OAB ne suffisent pas seuls à ce changement.

Cela se retrouve aussi dans le contraste entre d'une part la prescription espérée d'indicateurs et d'études nationales qui pour être pertinents doivent réduire la variabilité du vivant et d'autre part la compréhension locale par l'agriculteur de la biodiversité de son exploitation ; compréhension qui lui permet justement d'ajuster ses pratiques à la biodiversité. Ce décalage illustre les différents modes de production des connaissances à l'œuvre dans l'évolution des pratiques agricoles.

4.2 L'OAB révélateur de l'ambiguïté dans la production des connaissances agro-écologiques

L'écologisation des pratiques agricoles fait face à une ambiguïté dans la production des connaissances nécessaires à la transformation des pratiques. La modernisation agricole d'après-guerre avait établi une division du travail clair. La logique de production et de circulation des connaissances était majoritairement descendante. Les agronomes et scientifiques furent prédominants pour déterminer les pratiques productives et la science avait le monopole pour définir les nouvelles pratiques et technologies à employer (Compagnone et al, 2018). L'ensemble était accompagné d'un conseil important, à travers le management public et les chambres d'agriculture au départ (Brunier, 2016), mais aussi les coopératives agricoles et leurs agents technico-commerciaux (Villemaine, 2013), plaçant les agriculteurs dans des relations de dépendance technique.

Les alternatives au modèle agronomique dominant questionnent ces modalités de production de connaissances mais la situation reste ambivalente. En effet la tentation est forte à travers les réglementations environnementales et les exigences sociales de rester dans un modèle de transfert descendant, depuis l'appareil de recherche et développement vers les agriculteurs. Les mesures de verdissement de la PAC, instaurées depuis les années 90 souffrent de cet éloignement, confinant les conseillers à des enjeux de conformité bureaucratique (Mesnel, 2018) et sans réelle modification des pratiques. De même certaines coopératives promeuvent un resserrement des savoirs, les formalisant dans des guides et outils d'aides à la décision (Bianco, 2018). L'impératif environnemental amène nombre de professionnels et politiques à vouloir entraîner un changement par la diffusion massive de connaissances adaptées à tous, donc standardisées. Mais paradoxalement, les premières critiques du productivisme et le développement de l'agroécologie aujourd'hui font justement le constat que les connaissances ne peuvent être appliquées de manière standard et mettent l'accent sur les conditions locales, les collectifs de pratiques et les savoirs de l'agriculteur (Compagnone et al, 2018).

Nos résultats donnent corps à ces postures paradoxales. Insérés dans une culture encore forte de prescription, les apprentissages suscités par l'OAB peinent à répondre aux attentes d'aides directes au pilotage. Par ailleurs la connaissance produite de manière descendante à travers des indicateurs nationaux est inopérante sur le terrain. Recherche d'indicateurs nationaux et de guide de pratiques d'une part, volonté de proximité avec les acteurs de terrain afin de susciter des apprentissages d'autre part, l'OAB est

représentatif de cette ambivalence dans la production des connaissances. En mettant à l'épreuve du terrain le programme, nos résultats font ressentir ces paradoxes et leur donnent une réalité auprès des acteurs (paradoxe de performance des conseillers et chercheurs, différence d'identité entre les réseaux et l'animation nationale,...).

Ce constat questionne nos politiques de développement agricole très ancrées dans le nouveau management public (Brunier, 2016). Face à des objets nouveaux et contingents tels que la biodiversité, nombre d'indicateurs et d'expertise sont mis en défaut ou du moins questionnés et ré-adaptés aux contextes locaux. L'OAB illustre l'ambivalence existante parmi les pouvoirs publics, tiraillés entre une gestion encore centralisée des enjeux environnementaux et la volonté de faire émerger des solutions du terrain.

La place du chercheur est également questionnée, sa production de connaissances étant ici d'abord orientée pour un objectif scientifique et institutionnel (la production de tendances temporelles nationales) et non opérationnel auprès des participants du programme. Cela s'explique par le caractère particulier de l'objet étudié, la biodiversité, très contingente et pour laquelle il est difficile de généraliser de manière opérationnelle. L'OAB fut dès le départ pensé scientifiquement pour l'échelle nationale plutôt que locale. Or les études statistiques réduisent la compréhension du terrain et ne sont pas exploitables directement par les conseillers et agriculteurs. Une autre posture du chercheur pourrait être recherchée, plus proche du terrain et des études de cas plutôt que d'une trop grande généralisation statistique.

Les paradoxes soulevés révèlent que la position d'expertise et de généralisation ne tient plus face à la recherche de proximité et à la difficulté d'appréhension de la biodiversité. Il faut explorer de nouveaux rapports de prescription donc de nouveaux équilibres entre savoirs et relations (Hatchuel, 2012). Mettre au cœur de ce rapport le savoir local de l'agriculteur pousse à repenser la position du chercheur et du manager public. A l'instar des utilisations « profanes » de l'OAB qui ne cherche pas la généralisation mais seulement la compréhension du système local, les approches seraient plus contingentes et bricolées.

CONCLUSION

Notre recherche-intervention dans un programme de sciences participatives a mis en évidence que la recherche de proximité est productrice et révélatrice de paradoxes, notamment via son appropriation par les professionnels agricoles. Si ces appropriations sont le signe d'un

succès de la démarche de participation, les paradoxes montrent qu'il y a encore de l'incertitude dans la dynamique concernant la biodiversité agricole. Ils dessinent l'échec de la posture d'expertise et de généralisation et appellent à inventer de nouveaux rapports de prescription entre chercheur, conseiller et agriculteur. Au-delà du cas de l'agriculture, ces réflexions sur une initiative ministérielle sont également pertinentes dans la recherche actuelle de nouvelles formes de gouvernance publique.

BIBLIOGRAPHIE

Anthony R.N., Ardoin J.-L. (1993). *La fonction contrôle de gestion*, Publi-Union, Paris, France.

Ayache M., Dumez H. (2011). « Le codage dans la recherche qualitative une nouvelle perspective? », *Le Libellio d'AEGIS*, 7, n° 2, p. 33-46.

Bianco S.D. (2018). « Recadrer le conseil par l'agriculture écologiquement intensive », *Revue d'anthropologie des connaissances*, 12, n° 2, p. 171-197.

Brunier S. (2016). « Management public et développement agricole », *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, 129, n° 1, p. 141-155.

Cohen A.G. (2017). « Des lois agronomiques à l'enquête agroécologique. Esquisse d'une épistémologie de la variation dans les agroécosystèmes », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, n° 33, p. 51-72.

Compagnone C., Lamine C., Dupré L. (2018). « La production et la circulation des connaissances en agriculture interrogées par l'agro-écologie », *Revue d'anthropologie des connaissances*, 12, n° 2, p. 111-138.

De Vaujany F.X.D. (2006). « Pour une théorie de l'appropriation des outils de gestion : vers un dépassement de l'opposition conception-usage », *Management Avenir*, 9, n° 3, p. 109-126.

Deverre C., De Sainte Marie C. (2008). « L'écologisation de la politique agricole européenne. Verdissement ou refondation des systèmes agro-alimentaires », *Revue d'Etudes en Agriculture et Environnement - Review of agricultural and environmental studies*, p. 83-104.

Dill W.R. (1958). « Environment as an Influence on Managerial Autonomy », *Administrative Science Quarterly*, 2, n° 4, p. 409.

Girin J. (1983). « Les Situations de Gestion », dans BERRY M. (dir.), *Le rôle des outils de gestion dans l'évolution des systèmes sociaux complexes*, C.R.G-École polytechnique, Rapport pour le Ministère de la recherche et de la technologie.

Grimand A. (2016). « La prolifération des outils de gestion : quel espace pour les acteurs entre contrainte et habilitation ? », *Recherches en Sciences de Gestion*, 112, n° 1, p. 173-196.

Grimand A., Oiry E., Ragainie A. (2018a). « Paradoxes, modes de régulation et perspectives théoriques », *Revue française de gestion*, 274, n° 5, p. 71-75.

Grimand A., Oiry E., Ragainie A. (2018b). « Les paradoxes organisationnels et le déploiement des outils de gestion : leçons issues de deux études de cas », *Finance Contrôle Stratégie*, 21, n° 3.

Guimont C. (2018). « La perte de biodiversité au prisme du New public management : les angles morts des indicateurs écologiques », *Pole Sud*, 48, n° 1, p. 43-56.

HATCHUEL, A. (dir.) (2012). « Quel horizon pour les sciences de gestion ? Vers une théorie de l'action collective », dans *Les nouvelles fondations des sciences de gestion: éléments d'épistémologie de la recherche en management*, Mines ParisTech, DL 2012, Paris, France.

Jarzabkowski P., Lê J.K., Van de Ven A.H. (2013). « Responding to competing strategic demands: How organizing, belonging, and performing paradoxes coevolve », *Strategic Organization*, 11, n° 3, p. 245-280.

Julliard R. (2017). « Science participative et suivi de la biodiversité : l'expérience Vigie-Nature », *Natures Sciences Sociétés*, 25, n° 4, p. 412-417.

Lewis M.W. (2000). « Exploring Paradox: Toward a More Comprehensive Guide », *The Academy of Management Review*, 25, n° 4, p. 760-776.

Luscher L.S., Lewis M.W. (2008). « Organizational Change and Managerial Sensemaking: Working Through Paradox », 51, n° 2, p. 221-240.

Mesnel B. (2018). « Socialiser à la biodiversité à travers la néolibéralisation de la PAC ? Les limites bureaucratiques de la

conditionnalité et du paiement vert du point de vue des agriculteurs », *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 9, n° 3.

Moisdon J.-C. (2005). « Comment apprend-on par les outils de gestion ? Retour sur une doctrine d'usage », dans TEULIER R., LORINO P. (dirs.), *Entre connaissance et organisation, l'activité collective*, Découverte, Paris (Collection « Recherches » à La Découverte), p. 239-250.

Rojot J. (2003). *Théorie des organisations*, Editions Eska, Paris, France.

Schad J., Lewis M.W., Raisch S., Smith W.K. (2016). « Paradox Research in Management Science: Looking Back to Move Forward », *Academy of Management Annals*, 10, n° 1, p. 5-64.

Smith W.K., Lewis M.W. (2011). « Toward a Theory of Paradox: A Dynamic equilibrium Model of Organizing », *Academy of Management Review*, 36, n° 2, p. 381-403.

Suquet J.-B., Collard D., Raulet-Croset N. (2020). « L'organisation d'un management collaboratif entre acteurs publics et acteurs civils : le rôle d'organisation frontière d'une association d'insertion dans l'emploi pour les jeunes diplômés », *Gestion et management public*, 8, n° 1, p. 9-26.

Tahar C. (2018). « Des recettes marchandes pour un service public, une stratégie paradoxale ? », *Revue française de gestion*, 274, n° 5, p. 77-90.

Townley B. (1993). « Foucault, power/knowledge, and its relevance for human resource management », *Academy of Management Review*, 18, n° 3, p. 518-545.

Valette A., Diochon P.F., Burellier F. (2018). « À chacun son paradoxe », *Revue française de gestion*, 270, n° 1, p. 115-126.

Villemaine R. (2013). « Le conseil agricole des chambres d'agriculture et des coopératives : entre convergence et différenciation », *Pour*, 219, n° 3, p. 67-73.