



Construire des innovations couplées à l'échelle des territoires pour soutenir la réduction de l'usage des produits phytosanitaires en production maraîchère.

NAVARRETE Mireille¹ et CASAGRANDE Marion^{1,2} (co-premières autrices), ANGEON Valérie¹, BOUVIER-D'YVOIRE Caroline³, CHAVE Marie⁴, DELCONTE Roxane⁵, DJIAN-CAPORALINO Caroline⁶, DUFILS Arnaud¹, ECKERT Cathy⁷, EL BOUKILI Céline⁸, FERRE Anne-Sophie⁵, GENETIEZ Emilien³, HOSTALNOU Eric⁹, LICHOU Gaël⁹, LEFEVRE Amélie¹⁰, LESUR-DUMOULIN Claire¹⁰, MAILLERET Ludovic⁶, MOTHEs Stéphanie¹¹, PARROT Laurent¹², PLANAS Gilles⁹, ROCHE Romain¹, SABATIER Rodolphe¹, SIMON Serge¹², TOUZEAU Suzanne⁶

¹ INRAE, Unité Écodéveloppement 0767, 228 route de l'Aérodrome, CS 40509, 84914 Avignon Cedex 9

² INRAE, UMR SAD-APT, 22 Place de l'Agronomie, 91123 Palaiseau Cedex

³ Civam bio du Vaucluse, MIN 5, 15 av. Pierre Grand, 84953 Cedex

⁴ INRAE, UR ASTRO AgroSystèmes TROPicaux, 97170 Petit-Bourg, Guadeloupe

⁵ Chambre d'agriculture du Var, 727 avenue Alfred Décugis, 83400 Hyères

⁶ INRAE, Université Côte d'Azur, Institut Sophia Agrobiotech, 06903 Sophia Antipolis

⁷ CTIFL centre de Lanxade, 28 route des Nébouts, 24 130 Prignonieux

⁸ CTIFL centre de Saint-Rémy-de-Provence, Route de Mollégès, 13 210 St-Rémy-de-Provence

⁹ Chambre d'agriculture Pyrénées Orientales, 19 avenue de Grande-Bretagne
66025 Perpignan Cedex

¹⁰ INRAE, Unité expérimentale sur les systèmes maraîchers agroécologiques, Mas Blanc, 66200 Alénia

¹¹ ITAB, 149 Rue de Bercy, 75012 Paris

¹² CIRAD, UPR Hortsys, F-97285 Le Lamentin, Martinique

Correspondance : mireille.navarrete@inrae.fr

Résumé : Malgré les enjeux de réduction d'utilisation des produits phytosanitaires pour préserver la santé humaine et l'environnement, la transition des exploitations maraîchères vers des systèmes de culture agroécologiques se fait difficilement, en particulier dans les exploitations orientées vers les circuits longs. Comment massifier et accélérer leur transition agroécologique ? Le projet INTERLUDE a combiné pendant 4 ans des approches interdisciplinaires (agronomie, écologie, santé des plantes, économie) et participatives sur 4 territoires en France métropolitaine et aux Antilles. Grâce à des enquêtes auprès des acteurs des systèmes agri-alimentaires, nous avons identifié les freins à l'adoption de pratiques ou systèmes agroécologiques déjà connus, capables de réguler des bioagresseurs et de réduire l'usage des produits phytosanitaires. Par des dispositifs participatifs, nous avons co-conçu et évalué avec ces acteurs des prototypes d'innovations couplées. Une boîte à outils pour soutenir les acteurs désireux de porter les démarches de conception dans les territoires a été produite. Le rôle et les compétences attendues de ces acteurs du changement ont été investigués. Les résultats du projet encouragent les politiques publiques à soutenir le changement des acteurs du système agri-alimentaire : formation et soutien financier des acteurs du changement, et soutien des dispositifs d'interconnaissance et de coordination entre acteurs des filières et des territoires.

Mots-clés : innovation couplée ; territoire ; acteurs ; verrouillage sociotechnique ; boîte à outils ; légume ;

Abstract: Despite the challenges of reducing the use of plant protection products to protect human health and the environment, the transition of market garden farms to agroecological cropping systems is proving difficult, particularly on farms oriented towards long distribution channels. How can we massify and accelerate their agroecological transition? Over a 4-year period, the INTERLUDE project combined interdisciplinary approaches (agronomy, ecology, plant health, economics) with agri-food system



stakeholders in 4 territories in mainland France and the French West Indies. Through surveys of stakeholders in agri-food systems, we identified the barriers to the adoption of known agroecological practices or cropping systems capable of regulating pests and reducing the use of plant protection products. Then, thanks to participatory methods, we co-designed and evaluated coupled innovations with stakeholders. A toolbox was developed to support stakeholders wishing to implement such agroecological design approaches in their territories. The role and expected skills of these facilitators of change were investigated. The results of the project encourage public policies to support change of agri-food system actors: training and financial support for change agents, and support for inter-knowledge and coordination mechanisms between actors of the territory and agri-food sector.

Keywords : coupled innovation; territory; actors; sociotechnical lock-in ; toolbox; vegetable

Graphical abstract :



1. Introduction

Le niveau élevé d'usage des produits phytosanitaires (PPS) est une question socialement vive, comme le montrent les tensions exprimées en France mais aussi au sein de l'Union Européenne sur le changement de modèle agricole. Les remous de l'actualité invitent ainsi à analyser les freins et leviers sociotechniques à la réduction des PPS (Goulet et al., 2023). C'est particulièrement le cas en production maraîchère. Des baisses de 10 à 30% des indices de fréquence des traitements (IFT) ont été enregistrées dans les réseaux DEPHY FERME (Eckert, 2018), mais l'usage des PPS à l'hectare reste en moyenne élevé (IFT de 3 à 12 par cycle cultural, sachant que plusieurs cycles se succèdent chaque année, Agreste, Enquêtes pratiques culturelles 2023). Les pratiques et les systèmes de culture agroécologiques (AE) qui mobilisent des régulations biologiques et écologiques peuvent contribuer à cette réduction des PPS (Wezel et al., 2014). En maraîchage, plusieurs sont prometteurs : la diversification des cultures (Lefèvre et al., 2020), la gestion raisonnée des résistances variétales quand elles existent (Nilusmas et al., 2020), l'utilisation de plantes de service et d'auxiliaires biologiques (Djian-Caporalino et al., 2019 ; Gardarin et al. 2022) ou encore l'apport de matières organiques (Vida et al., 2020). Mais elles sont encore peu



utilisées dans les exploitations maraîchères du fait du verrouillage sociotechnique (Vanloqueren et Baret, 2008 ; Boulestreau et al., 2021) à l'échelle des systèmes agri-alimentaires¹. Les exploitations qui commercialisent dans les circuits longs sont particulièrement concernées par ce verrouillage. En effet, la capacité à écouler les légumes sur ces circuits dépend fortement du respect des spécifications émises par l'aval ; or les pratiques AE modifient les caractéristiques de la production (dates, volumes, qualités) (Lefèvre et al., 2020). Boulestreau et al. (2021) montrent ainsi que la diversification des rotations avec des espèces moins courantes, pour gérer la santé des sols, est freinée par des difficultés de commercialisation de ces espèces. Morel et al. (2020) et Boulestreau et al. (2021) identifient également des freins dans la filière amont (ex : accès à des variétés performantes pour les cultures de diversification).

Dans le projet INTERLUDE, nous avons émis l'hypothèse que l'adoption de pratiques et systèmes de culture AE repose sur l'innovation et la coordination des actions des différents acteurs qui composent les systèmes agri-alimentaires, et sur la combinaison de dimensions agronomiques, écologiques et humaines. Sur la base d'une analyse de la littérature, nous avons proposé un cadre conceptuel intégratif pour décrire les verrouillages sociotechniques qui limitent la réduction de l'usage des PPS dans les systèmes agri-alimentaires actuels et la manière dont ils pourraient être déverrouillés dans le futur. Ce cadre combine trois approches (Angeon et al., 2024) : services écosystémiques, systèmes socioécologiques et systèmes sociotechniques. En reconnectant plusieurs échelles (parcelle, exploitation, territoire), il pose l'échelle territoriale comme pertinente pour concevoir, mettre en œuvre et diffuser les innovations par des processus de montée en échelle. Dans la lignée des travaux de Le Berre (1995), le territoire est vu comme relevant de plusieurs dimensions : (i) matérielle ou physique, (ii) organisationnelle ou relationnelle, et (iii) institutionnelle. Il se définit comme un ensemble d'acteurs situés qui partagent un même espace de concernement (la production légumière locale et sa commercialisation) et sont à même de chercher ensemble des solutions locales dans un but commun, ici la réduction de l'usage des PPS.

L'enjeu du projet INTERLUDE était de concevoir avec les acteurs de plusieurs territoires des innovations permettant de gérer les bioagresseurs grâce à (i) une combinaison de leviers AE à même de réduire la pression des bioagresseurs et/ou d'accroître les processus de régulation naturelle et (ii) des réorganisations entre acteurs qui favorisent l'adoption de ces modes de gestion AE (ex : changements de pratiques de plusieurs types d'acteurs, coordinations entre acteurs). Il s'agissait donc de concevoir des innovations couplées au sens de Meynard et al. (2017) en coordonnant des processus d'innovation de différentes natures (technique, organisationnelle, réglementaire, institutionnelle, sociale), qui sont portés par des acteurs différents et généralement appréhendés indépendamment les uns des autres. Cet article présente les principaux enseignements du projet. Dans la section 2, nous développons les enjeux méthodologiques et la démarche choisie. La section 3 se concentre sur quelques résultats du projet, qui illustrent la diversité des méthodes et des natures de résultats produits, avant de conclure dans la section 4 par des enseignements généraux et perspectives.

¹ Ce terme désigne "le système sociotechnique qui englobe non seulement les filières de production, de transformation, de distribution, mais aussi la sélection variétale, la recherche, le conseil technique, les politiques publiques et les instances de régulation" (Lamine et al., 2010).



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.

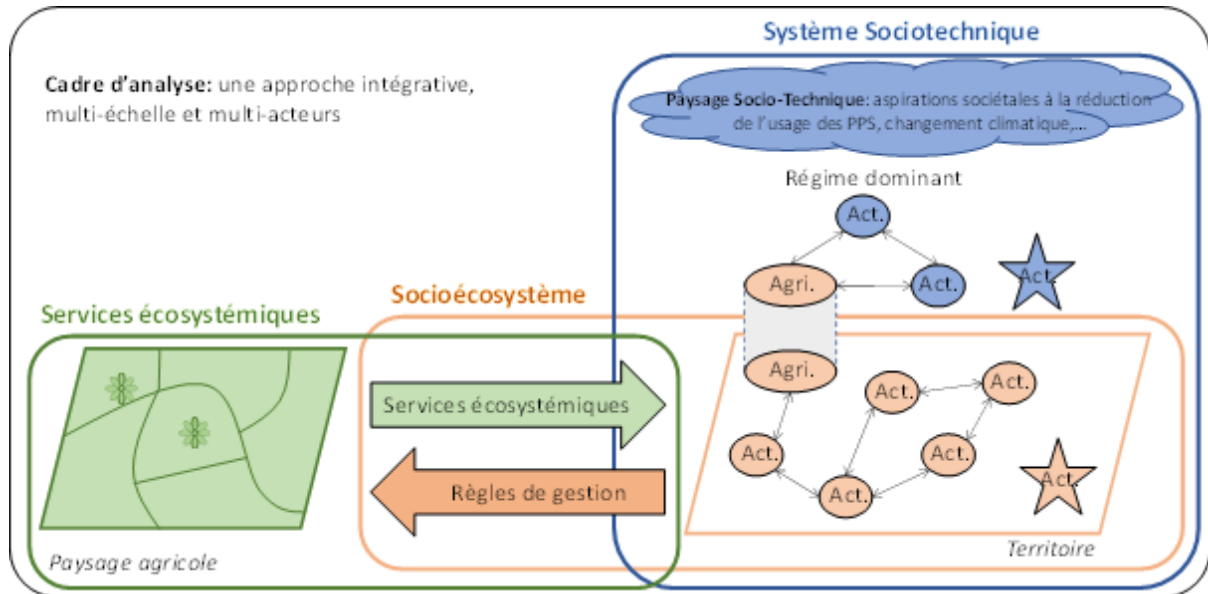


Figure 1 : Cadre conceptuel couplant les concepts de service écosystémique, de système socioécologique et de système sociotechnique. Le concept de service écosystémique (vert) décrit les avantages que les acteurs du territoire tirent du fonctionnement de l'écosystème au sein d'un paysage agricole. Le cadre du système socio-écologique (orange) décrit comment les acteurs du système agri-alimentaire sur le territoire (Act.), et parmi eux les agriculteurs (Agri), interagissent pour définir les règles de gestion des ressources dans le paysage agricole. Le cadre des systèmes sociotechniques (bleu) décrit comment les acteurs de la niche (étoile) et du régime dominant (ovale) "cohabitent". Les agriculteurs appartiennent à la fois à un régime dominant qui est par construction a-spatial (bleu) et à un réseau d'acteurs sur le territoire (orange). D'après Angeon et al. (2024).

2. Contours et démarche du projet

2.1 Démarche générale

Les démarches de conception d'innovations couplées pour une transition AE à large échelle sont encore peu stabilisées. Le premier enjeu, au démarrage du projet, était donc de produire des ressources pour outiller les participants du projet, grâce à une analyse de la littérature scientifique et une hybridation entre disciplines (agronomie, écologie, économie, sociologie) et entre démarches (analytiques, participatives). Le décryptage des processus de verrouillage sociotechnique et la conception d'innovations couplées sont situés, c'est-à-dire ancrés dans les territoires. Le deuxième enjeu méthodologique était de tirer de ces situations spécifiques (4 territoires contrastés dans INTERLUDE) des enseignements plus génériques, remobilisables par les acteurs d'autres territoires. Nous avons donc fait une analyse transversale à partir des résultats produits dans chaque territoire. De plus, faisant l'hypothèse que ces processus de conception territoriaux devaient être soutenus par des « acteurs du changement », nous avons étudié les besoins en formation des conseillers agricoles pour conduire ces processus d'innovations couplées. Cette étude a reposé sur des enquêtes (Cnudde, 2021) et des interactions avec des animateurs territoriaux DEPHY et les porteurs de projets DEPHY Expé Légumes.

2.2 Les territoires d'étude

Les quatre territoires maraîchers choisis sont contrastés en termes de bioagresseurs à réguler, de leviers AE mobilisables et d'organisations d'acteurs (Tableau 1). En Provence, l'objectif était de gérer les maladies et ravageurs telluriques par l'apport massif de matières organiques biologiquement actives et la diversification des cultures en rotation. En Roussillon, il s'agissait de réduire le recours aux PPS sur les cultures maraîchères d'automne-hiver très utilisatrices de PPS (dont la salade), grâce à un itinéraire technique visant à produire de la salade sans résidus de PPS et à la diversification des cultures. En



Guadeloupe, l'enjeu était de développer la protection des plantes en intégrant des biosolutions (biocontrôle et biostimulants). En Martinique, dans le bassin versant du Galion, il s'agissait de réduire la pénibilité du travail du désherbage manuel du maraîchage par le développement de paillages organiques.

2.3 La démarche dans les 4 territoires d'étude

La démarche visait à co-concevoir avec les acteurs des prototypes d'innovations couplées à l'échelle de chaque territoire, susceptibles de réduire l'usage des PPS. De nombreuses connaissances sur les pratiques ou systèmes AE et leurs performances étaient, pour la plupart, déjà disponibles. Le projet s'est concentré sur les coordinations entre acteurs nécessaires pour favoriser l'adoption de ces systèmes AE. S'inspirant de Boulestreau, Casagrande et al. (2023), plusieurs étapes ont été combinées dans un processus itératif, avec des spécificités propres à chaque cas (Tableau 1) :

- (1) Réalisation d'un diagnostic sur chaque territoire pour repérer les freins à la réduction des PPS et identifier les acteurs pouvant contribuer au déverrouillage, par enquêtes d'acteurs du territoire et de la filière maraîchère, sur le territoire et parfois en dehors. Une analyse plus précise de deux types d'acteurs a été faite, ces acteurs étant jugés centraux dans la transition des systèmes maraîchers vers une réduction d'usage des PPS : les acteurs de la commercialisation (Strand, 2022) et les animateurs de démarche d'innovation dans les territoires (Cnudde, 2021).
- (2) Co-conception d'innovations entre les acteurs-clés précédemment identifiés, en combinant différentes activités complémentaires, dont des ateliers participatifs qui reposent sur des techniques d'animation agiles et des artefacts visuels pour favoriser la créativité collective (Cf. Navarrete, Casagrande et al. soumis).
- (3) Évaluation des bénéfices, coûts et risques de ces innovations et repérage de pistes d'amélioration. Faute de modèles capables d'évaluer des processus écologiques et sociaux à des échelles allant de la parcelle au territoire, cette évaluation a été menée en s'appuyant sur l'expertise des participants au projet et aux ateliers.

3. Résultats

Quatre focus illustrent les résultats du projet: une boîte à outils, pensée pour accompagner les recherches dans les 4 territoires, mais aussi pour être remobilisable par des acteurs d'autres territoires (3.1) ; la caractérisation des freins à la réduction des PPS en maraîchage et des innovations couplées permettant de les lever (3.2), le rôle des acteurs intermédiaires de la commercialisation dans la transition des territoires (3.3) ; les compétences attendues des acteurs du changement dans les territoires (3.4).

3.1 Une boîte à outils pour soutenir la démarche

Différents outils ont été produits pour analyser des freins à la réduction des PPS, et pour co-concevoir et évaluer des innovations couplées.

Pour analyser des freins à la réduction des PPS, en partenariat avec le projet Be Creative, nous avons formalisé puis testé la démarche de diagnostic des freins et leviers sociotechniques aux processus d'innovation dans les systèmes agri-alimentaires (Casagrande et al. 2023). Cette démarche permet de comprendre les pratiques, les stratégies et les réseaux d'acteurs engagés dans des processus



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.



d'innovation, ce qui fait émerger les freins et les leviers au processus d'innovation. Elle repose sur 5 étapes, depuis le recueil de données (enquête, analyse de documents, observation participante) et l'analyse des données jusqu'à leur partage avec les acteurs afin d'engager un processus d'innovation.

Pour concevoir des innovations couplées multi-acteurs à l'échelle territoriale, les références bibliographiques sont assez rares et couvrent rarement la totalité du processus de conception. Chacune permet néanmoins d'inspirer les pilotes du processus de conception d'innovations, à condition qu'elles soient organisées.

Nous avons classé la littérature en 5 tâches critiques que doivent mener les pilotes du processus de conception (Figure 2) : en amont des activités de conception sensu stricto : (i) anticiper l'activité de conception et (ii) mobiliser les acteurs ; pendant les activités de conception : (iii) apporter des connaissances et (iv) explorer des solutions multi-acteurs à l'échelle territoriale ; en aval des activités de conception : (v) évaluer la démarche de conception. Les références bibliographiques alimentant chaque tâche sont organisées sur une carte mentale et dans un tableau, accompagnés d'une notice d'utilisation.

L'évaluation des innovations conçues doit être à la fois multi-acteurs (les différentes catégories d'acteurs concernés par l'innovation) et multidimensionnelle (agronomique, économique, sociale, environnementale). Une multiplicité d'indicateurs (qualitatifs ou quantitatifs) sont donc potentiellement pertinents. La grille produite se présente comme une liste de dimensions et de critères mobilisables pour l'évaluation des innovations couplées. Des exemples d'indicateurs sont associés aux différentes dimensions et critères. Pour chaque indicateur, les acteurs concernés sont identifiés. Ainsi, l'utilisateur peut identifier les dimensions et les indicateurs associés qui sont pertinents pour son cas d'étude et construire une grille « sur-mesure » pour évaluer les innovations construites en ateliers.

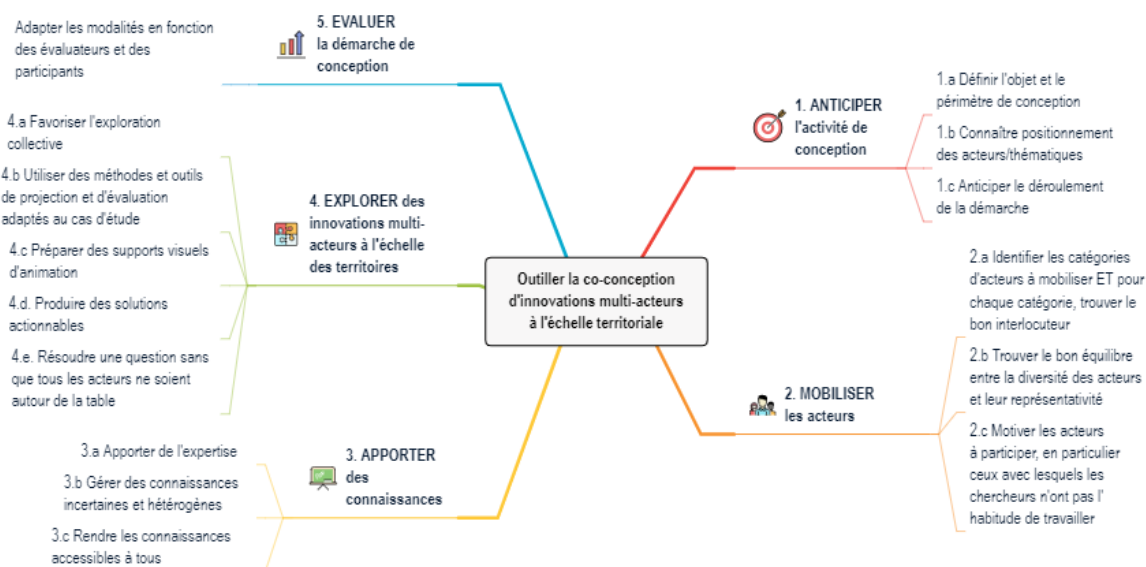


Figure 2 : Organisation des enjeux méthodologiques et des références bibliographiques pour les 5 tâches critiques de la conception d'innovations couplées à l'échelle des territoires

3.2 Une lecture transversale des freins à la réduction des PPS en maraîchage et des innovations couplées permettant de les lever

3.2.1 Freins sociotechniques à la réduction de l'usage des PPS dans les 4 territoires

Les diagnostics sociotechniques (Casagrande et al., 2023) réalisés en Provence, Roussillon et Guadeloupe, et le diagnostic agraire (Cochet, 2011) en Martinique ont permis d'identifier des freins de différentes natures, scientifiques et techniques (manque d'efficacité ou de connaissances), économiques (coûts), sociologiques (perceptions), réglementaires, administratifs, etc. (tableau 1). Un résultat marquant

est que la quasi-totalité des freins que rencontrent les agriculteurs sont eux-mêmes des répercussions des freins des autres acteurs du système agri-alimentaire.

La figure 3 illustre ce phénomène d'emboîtement des freins autour du développement de la diversification des cultures. Par exemple, lorsque des maraichers Provençaux veulent introduire certaines espèces qui ont un potentiel de régulation des bioagresseurs (ex : fenouil, ciboulette, roquette contre les nématodes à galles), ils rencontrent des difficultés pour les commercialiser auprès de leurs coopératives car ce sont des espèces de niche dans le territoire, peu compatibles avec les stratégies de gros volumes des coopératives. Ces coopératives sont elles-mêmes contraintes par les acteurs plus en aval, les GMS, qui ont des logiques de massification et d'économie d'échelle. C'est la forte interaction entre tous les freins des différents acteurs qui crée un phénomène de verrouillage sociotechnique, puisqu'ils se renforcent les uns les autres et empêchent l'adoption de leviers agroécologiques pourtant prometteurs. L'article Chave et al. (2023) explicite des freins d'autres natures autour de l'utilisation de biosolutions en Guadeloupe.

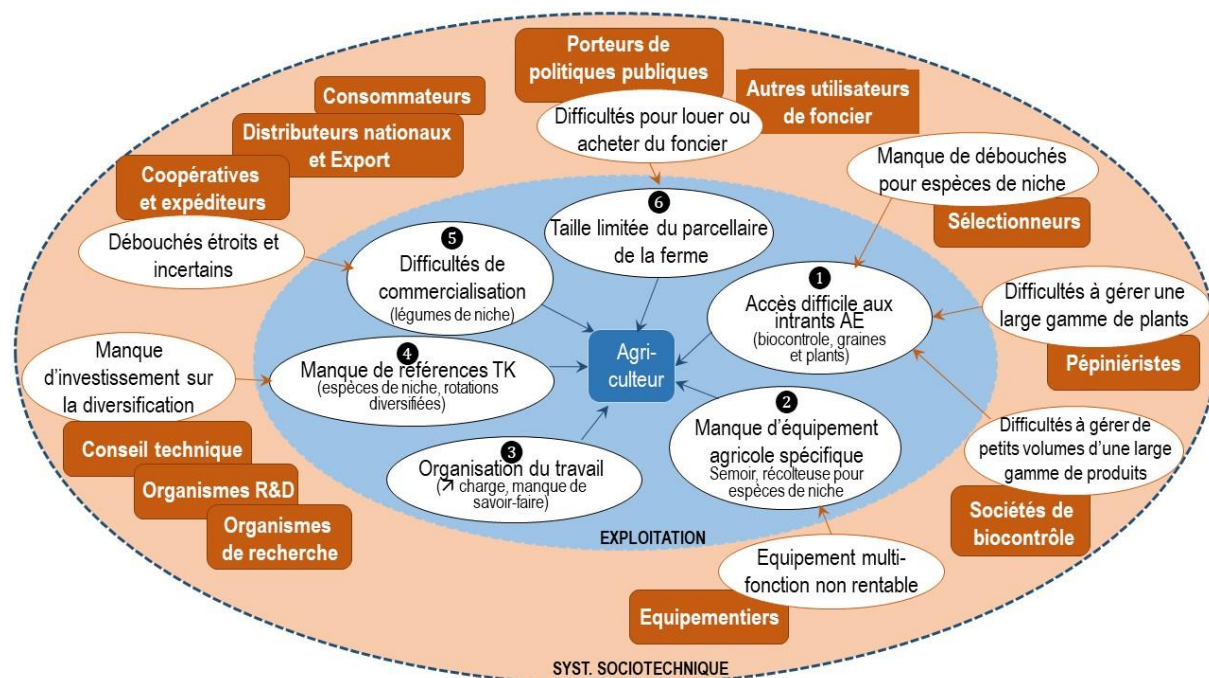


Figure 3 : Freins à la diversification des cultures maraichères en Provence et Roussillon dans les exploitations (en bleu) en lien avec les freins des autres acteurs du système sociotechnique (orange).
Source Navarrete et al. 2024

3.2.2 Innovations couplées pour permettre la réduction de l'usage des PPS dans les 4 territoires

L'analyse des freins (3.2.1) et des leviers sur un territoire permet d'identifier les acteurs clés à mobiliser pour la conception d'innovations couplées, ceux contribuant au verrouillage et/ou susceptibles de lever certains verrous. Les ateliers participatifs sont classiquement mobilisés pour concevoir des systèmes de culture avec des démarches largement stabilisées. La conception à l'échelle du système agri-alimentaire pose des problèmes spécifiques : mobiliser des acteurs qui n'ont pas l'habitude d'interagir avec les



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.



agriculteurs (ex : GMS), emboîter des innovations allant de la parcelle au territoire. D'où la nécessité de revoir l'outillage méthodologique (cf 3.1). Les ateliers de conception ont nécessité des temps de préparation conséquents pour cadrer les échanges et préparer des artefacts (Chave et al. 2023 ; Daret, 2023). Après les ateliers, les partenaires du projet ont rassemblé les éléments discutés en atelier pour reconstruire sur chaque territoire des ensembles cohérents et les traduire sous forme de prototypes d'innovations couplées. Treize prototypes ont été construits avec les acteurs des 4 territoires (Tableau 1) dont 11 sont décrits en détail dans l'article Navarrete, Casagrande et al. soumis. Les éléments saillants de l'analyse transversale sont :

(i) **Différentes formes de coordinations entre acteurs du système agri-alimentaire** ont été jugées nécessaires pour faciliter la mise en œuvre des leviers AE: entre agriculteurs de gré à gré ou via une CUMA (échanges de connaissances, de main d'œuvre, de terres ou d'équipement, de ressources végétales), entre agriculteurs et acteurs de l'amont de la filière (plateformes de collecte de déchets verts, fournisseurs d'auxiliaires biologiques, production collective de biostimulants) et/ou entre agriculteurs et acteurs de l'aval de la filière (accords sur des qualités commercialisables, meilleure valorisation économique des légumes produits avec des pratiques AE, mutualisation des risques). Des coordinations ont été proposées avec les acteurs de la R&D, visant la production de connaissances pour gérer des équilibres complexes (e.g. piloter un itinéraire technique zéro résidu de PPS sans pénaliser le rendement ou la qualité, apporter des matières organiques pour booster la vie du sol sans risquer de faim d'azote).

(ii) **Les innovations couplées sont situées**, c'est-à-dire adaptées aux spécificités de chaque territoire (bioagresseurs à contrôler, systèmes techniques, exploitations agricoles et organisations sociales présentes sur le territoire, conditions pédoclimatiques, paysages réglementaires, etc.). Pour autant, il est possible d'en tirer des enseignements plus génériques, comme une typologie selon le degré de reconception des systèmes et les formes de gouvernances nécessaires (Navarrete, Casagrande et al., soumis).

(iii) **La plupart de ces innovations couplées nécessitent que les coordinations soient impulsées puis portées par un acteur du territoire** capable d'encourager les acteurs à dépasser leurs choix individuels et de les accompagner pour trouver des marges de manœuvre pour collectivement déverrouiller le système. Si les chercheurs ont impulsé cette activité dans le projet INTERLUDE, dans le cadre de leur recherche, quels acteurs des territoires pourraient porter cette activité ? Quels seraient leur mandat et leurs compétences ? Ces questions sont traitées dans la section 3.4.

3.3 Les acteurs intermédiaires de la commercialisation des légumes : des acteurs incontournables pour permettre la réduction des PPS en maraîchage

Dans l'analyse précédente, un ensemble d'acteurs du système agri-alimentaire apparaît central dans la transition vers des territoires peu utilisateurs de PPS : les acteurs de la commercialisation, qu'ils soient en relation directe avec les agriculteurs (coopératives, organisations de producteurs, grossistes, expéditeurs, etc.) ou proches des consommateurs (GMS, magasins de détail, etc.). Peu d'études ont été menées jusqu'à présent sur les acteurs intermédiaires de la commercialisation (Weber, 2022) et lorsque leur rôle est appréhendé, c'est généralement en des termes négatifs pointant la non durabilité de leurs actions sur le système agri-alimentaire (Faliès et Hulot, 2022) : allongement des circuits d'approvisionnement, augmentation de l'empreinte carbone, captation de la valeur ajoutée, difficultés à gérer le gaspillage alimentaire, choix d'achat en défaveur des produits agroécologiques, etc. C'est pourquoi nous nous sommes focalisés sur ceux cherchant à valoriser des produits locaux écolisés, dont les attributs intègrent des objectifs de réduction de PPS. S'agissant d'appréhender le rôle des acteurs intermédiaires dans la durabilité du système agri-alimentaire, nous avons analysé leurs stratégies d'approvisionnement en légumes, en particulier ceux cultivés sur les territoires d'étude, et sur les attributs environnementaux de ces produits. Ce point d'attention est central puisque, par leur choix de valoriser ou non des produits écolisés, ces acteurs envoient un signal d'incitation aux agriculteurs à s'engager ou non dans des démarches de réduction des PPS. Pour ce faire, suivant nos travaux sur les circuits de



commercialisation de proximité (Angeon et Fréguin-Gresh, 2022), une étude a été menée en Martinique et dans les Pyrénées-Orientales, sur la base d'enquêtes auprès d'acteurs intermédiaires investis dans différents types de circuits de commercialisation (Strand, 2022). 28 entretiens semi-directifs actifs ont été menés auprès d'acteurs intermédiaires opérant dans six circuits d'approvisionnement de fruits et légumes frais (marchés paysans, marchés de plein air, distribution de paniers type AMAP, enseignes spécialisées, commerces de gros, grande distribution).

Les résultats de ces travaux montrent une différenciation des circuits en matière de valorisation des produits écologisés. A l'inverse des commerces de gros et de la grande distribution, les circuits qui privilégient majoritairement les produits présentant des attributs environnementaux sont les distributeurs de paniers et les enseignes spécialisées. Si ces circuits sont fortement écologisés du fait des activités de régulation, de gestion et d'orientation des flux de légumes présentant des attributs environnementaux, ils sont néanmoins peu dominants, ce qui interroge la question de la montée en échelle de leurs initiatives dans une perspective de transformation des systèmes agri-alimentaires.

3.4 Une nécessaire montée en compétence d'acteurs des territoires pour accompagner l'émergence d'innovations couplées dans les territoires

Dans le cadre du projet nous avons identifié un rôle d'acteurs du changement, qui sont des acteurs qui pourraient porter ou soutenir la conception et la mise en œuvre d'innovations couplées. Plusieurs tâches relatives à cette mission sont soulignées comme critiques : l'identification et le partage de connaissances pour inspirer, la mobilisation des acteurs dans le collectif de conception, et l'exploration de solutions. Deux aptitudes sont particulièrement importantes pour la réussite de ces tâches : la capacité à comprendre et traduire des concepts et des mots-clés entre plusieurs "mondes" - amont, aval, institutionnel, etc - et la capacité à fournir des informations et construire des représentations externes pour le collectif (Paravano et al. 2022). De fait, en plus des compétences d'animation, cet acteur devra à la fois disposer de connaissances techniques permettant de comprendre et expliciter les logiques adoptées par les agriculteurs, mais devra également disposer de connaissances permettant de comprendre et expliciter les logiques des autres acteurs : transformateurs, collectivités territoriales, agrofournitures, etc. Il devra par ailleurs être capable d'enrôler ces différents acteurs dans la démarche, de les faire dialoguer et collaborer dans une visée de conception collective (Cnudde, 2021).

Une diversité d'acteurs sont concernés par cette montée en compétences pour favoriser les changements visés, et notamment les acteurs du développement agricole (conseillers agricoles ou animateurs issus du réseau des Chambres d'Agriculture, du réseau FNAB ou CIVAM). Si un certain nombre d'entre eux sont déjà aguerris à la co-conception de systèmes de culture innovants, aucun n'accompagne aujourd'hui de projet multi-acteurs et pluri-scalaires. Ils sont parfois investis aux côtés d'autres acteurs du territoire - collectivités territoriales, syndicat de bassin versant - dans des projets collectifs (ex : Plan Alimentaire Territorial, projet de gestion de l'eau). Mais ces projets visent en général une dimension locale de l'agriculture et concernent peu les agriculteurs engagés en circuits longs. Outre ces acteurs du territoire, les acteurs intermédiaires de la mise en marché pourraient également jouer ce rôle, comme l'illustre la section 3.3. La problématique majeure pour l'appropriation et la mise en œuvre de ces démarches d'accompagnement réside dans l'articulation entre mandat et compétence. Si les conseillers agricoles disposent bien de compétences techniques pour faire évoluer les agroécosystèmes, les enquêtes réalisées (Cnudde, 2021) et les échanges avec les porteurs des projets Dephy Expé ont révélé qu'ils ne se sentent pas légitimes pour porter ce type de démarche, qui nécessite de s'adresser à des acteurs de



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.



la mise en marché, de l'agrofourniture, ou des pouvoirs publics. En effet, ils n'en ont pas le mandat. Inversement, des acteurs du territoire qui ont un réel mandat pour traiter de problématiques territoriales ne disposent pas des compétences nécessaires pour comprendre finement et expliciter les logiques des différents acteurs dans un objectif de réduction du recours aux produits phytosanitaires.

Une séquence interactive organisée avec les animateurs territoriaux du réseau DEPHY a permis en particulier de discuter de l'articulation entre compétences et mandats. C'est à cette occasion qu'a émergé l'hypothèse de création d'un nouveau métier, qui embarque à la fois des compétences techniques mais également de médiation trans-sectorielle. Pour capitaliser l'ensemble de ces résultats et accompagner la montée en compétences des acteurs du développement, un cahier des charges pour la formation a été produit et vise les prescripteurs de ces acteurs et les organismes de formation qui souhaiteraient former ces publics. Il synthétise les compétences requises pour être capable d'accompagner les démarches de conception de scénario territorial, propose un scénario pédagogique et un ensemble de ressources mobilisables pour l'apprentissage.

4. Discussion et conclusion

4.1 Des résultats de natures variées, d'ordres scientifique (S) et opérationnel (O)

Le projet a produit des ressources de différentes natures, qui sont encapsulées dans un espace web interactif dans lequel les utilisateurs peuvent naviguer selon leurs besoins (prochainement accessibles sur la page INTERLUDE du site <https://www.picleg.fr/>).

a) **des concepts et cadres d'analyse (S)** : un cadre d'analyse combinant trois approches traitant des questions écologiques et sociales (Angeon et al., 2024) ; une conceptualisation de l'innovation couplée en maraîchage (Navarrete, Casagrande et al., soumis).

b) **des outils et méthodes (S/O)**, remobilisables en production légumière et adaptables pour d'autres secteurs agricoles : le diagnostic sociotechnique à l'échelle des système agri-alimentaires (Casagrande et al., 2023) ; un appui à la conception d'innovations couplées (5 tâches critiques à réaliser et les ressources bibliographiques associées) ; une grille d'évaluation des innovations conçues. Quatre vidéos et un cahier pratique permettent 1) de comprendre l'intérêt d'une telle démarche pour réduire le recours aux produits phytosanitaires, 2) d'identifier les différentes étapes de la démarche de conception et les points de vigilance associés et 3) de découvrir comment la démarche a été implémentée dans les 4 territoires étudiés et les prototypes d'innovation couplée qui en résultent.

c) **des résultats thématiques sur la filière maraîchère (S/O)** : Sur la caractérisation des freins et leviers à la réduction des PPS en maraîchage dans chaque territoire, nous avons montré comment les différents acteurs du système agri-alimentaire contribuent chacun, par leur stratégie, à rendre difficile l'adoption par les maraîchers de pratiques agroécologiques. Ces freins font largement écho à ceux identifiés par Meynard et al. (2018) et Morel et al. (2020) mais ils portent spécifiquement sur les systèmes maraîchers. Sur l'innovation couplée, peu de travaux ont jusqu'à présent porté sur les coordinations entre acteurs pour favoriser la transition agroécologique en production maraîchère. Nous avons confirmé la pertinence scientifique et l'opérationnalité de ce concept pour penser le déverrouillage pour la réduction de l'usage des PPS en maraîchage, et exploré plus en profondeur certaines dimensions initiées par Boulestreau, Casagrande et al. (2023). La comparaison des 4 territoires a mis en évidence des points communs et des divergences (Navarrete, Casagrande et al., soumis) qui devraient être inspirants pour la conception d'innovations couplées dans d'autres territoires ou sur d'autres thématiques.

d) **Une explicitation des compétences à mobiliser et des postures requises (O)** pour que des acteurs des territoires puissent accompagner la conception d'innovations couplées, comme les chercheurs l'ont fait dans le temps du projet dans les 4 territoires étudiés. A travers un cahier des charges de la formation, ces éléments seront mobilisables dans des formations professionnelles à venir.



e) **Un élargissement des collaborations dans les 4 territoires d'étude (O)** entre des acteurs de la recherche et de la R&D et des acteurs économiques (filères amont/aval) et institutionnels (acteurs des politiques publiques), collaborations qui pourront déboucher sur de nouveaux projets.

4.2 Des points à approfondir et des fronts de recherche

Certains de ces résultats méritent encore des approfondissements. Les « innovations » produites dans les territoires d'étude sont des prototypes, dont les acteurs doivent se saisir pour les mettre à l'épreuve, les enrichir et les adapter. C'est à cette condition qu'elles deviendront des innovations au sens strict. D'autres points méritent des approfondissements de la recherche.

4.2.1 Les incitations économiques comme élément constitutif des innovations couplées

Un travail reste à réaliser pour approfondir les mécanismes d'incitations économiques qui pourraient appuyer les dynamiques de transition, et tout particulièrement les dynamiques de collaboration pour faire émerger des innovations multi-acteurs. Aussi renforcer les capacités à l'innovation par des mesures de soutien aux actions collectives semble incontournable. On note par ailleurs que la mise en œuvre des innovations et leur diffusion à large échelle est conditionnée par un certain nombre de signaux informationnels que perçoivent les agents et qui influencent leur comportement. S'agissant des consommateurs, Bazoche et al. (2014) montrent que les signes de qualité environnementale (singulièrement le label AB) sont mieux valorisés que les produits conventionnels mais aussi d'autres labels environnementaux, parce qu'ils reposent sur une confiance institutionnelle. D'autre part, aux Antilles françaises, divers travaux empiriques montrent que les consommateurs associent qualité environnementale des produits, origine locale et circuits de proximité (Angeon et Fréguin-Gresh, 2022). Autrement dit, les consommateurs expriment des préférences marquées pour des produits qui transitent par les circuits de proximité (marchés de plein air) - où des échanges idiosyncratiques répétés se déclinent - même si ces produits ne sont pas certifiés. Cela traduit ici une confiance relationnelle.

S'agissant des acteurs intermédiaires, et en particulier ceux intervenant dans les circuits les moins écologisés tels que la grande distribution par exemple, des instruments de politiques économiques seraient à développer pour les inciter à réorienter leurs flux de produits. Il existe une large palette d'instruments : la réglementation (pour objectif contraindre le comportement des agents, ex interdiction de molécules de PPS), les incitations (pour favoriser des comportements plus vertueux), qu'il s'agisse de mécanismes de régulation par les prix (taxes ou subventions) ou par les quantités (quota, permis). La pertinence de chaque instrument et leur efficacité pour soutenir la réduction des PPS en fonction des problèmes considérés restent encore à investiguer. Cela permettrait de spécifier les meilleures modalités d'incitations économiques qui permettraient un changement de comportement vertueux des acteurs. Un travail reste à explorer plus particulièrement sur la disponibilité des ressources dans les milieux contraints des économies insulaires. Dans le cas de la Martinique, une tension a été identifiée pour l'usage de la ressource entre le paillage organique pour l'agriculture et la production d'énergie, qui est le débouché majoritaire. La question se pose donc de comment infléchir ces flux, avec quels instruments économiques : l'approche par les prix est-elle la plus pertinente ? Faut-il réguler les marchés par des quotas ? La théorie économique montre qu'il est possible de changer le comportement des acteurs pour l'adoption d'innovations couplées, mais que les contraintes doivent être prises en considération dans un monde fini à des échelles territoriales.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.



4.2.2 Enjeux de logistique et de structuration des filières en amont et aval de la filière

Dans la partie aval de la filière, la section 3.3 a montré l'intérêt d'étudier les acteurs intermédiaires de la commercialisation et plusieurs dimensions mériteraient approfondissements : leurs motivations, représentations et intérêts pour participer à l'effort collectif de réduction des PPS et de préservation de l'environnement. Les difficultés de valorisation de petits lots de légumes diversifiés dans les circuits longs ont été repérées mais les leviers restent encore à instruire (quel modèle économique d'opérateurs réalisant la massification de ces petits lots ? pour ces produits difficiles à valoriser en circuits longs, quelles opportunités pour relocaliser une partie des ventes via la restauration collective du territoire ?).

Dans la partie amont de la filière, le remplacement d'intrants chimiques par des intrants AE ne suppose pas seulement l'élaboration de nouveaux produits ou de nouvelles connaissances, mais soulève souvent des questions logistiques d'accès des maraîchers à ces intrants et de mise en œuvre sur les exploitations maraîchères. C'est le cas soit d'intrants volumineux qui ne bénéficient pas encore d'une filière performante (ex : matière organique en Provence), soit d'intrants dont la filière n'est pas encore rentable (ex : biostimulants endogènes en Guadeloupe au regard du marché international des auxiliaires biologiques, Chave et al. 2023).

4.2.3 L'évaluation multidimensionnelle des innovations couplées à l'échelle territoriale :

Dans le projet INTERLUDE, l'évaluation des prototypes dans leurs dimensions agronomiques, environnementales, économiques et sociales a été initiée, à dire d'experts, mais devrait maintenant être approfondie. Cette évaluation multi-scalaire des innovations couplées reste un front de recherche, d'autant plus si c'est une évaluation quantitative qui est visée (Brun et al., 2021). L'évaluation multidimensionnelle pose le problème des conflits d'usage pour l'accès à des ressources rares, et donc la nécessité de prendre en considération les coûts d'opportunité entre différentes alternatives. Le rôle des politiques publiques peut alors aider à infléchir les orientations en matière de stratégies inter filières. Cette évaluation multi-dimensionnelle est nécessaire pour définir les modalités et les montants des aides publiques.

En conclusion, le projet INTERLUDE a combiné pendant 4 ans des approches venant de plusieurs disciplines (agronomie, écologie, santé des plantes, économie) et des acteurs variés des systèmes agri-alimentaires et sur 4 territoires. Il a été nécessaire et parfois complexe de maintenir tout au long du projet un subtil équilibre entre des démarches et des résultats spécifiques à chaque territoire et d'autres génériques, entre des approches interdisciplinaires et des approfondissements disciplinaires, entre des résultats conceptuels et d'autres opérationnels. Partis d'innovations agroécologiques déjà connues, nous avons réfléchi à des modes de coordination entre acteurs permettant de les développer. Des nouveaux besoins de connaissances sur ces pratiques ou systèmes AE sont apparus. L'enjeu serait donc maintenant de combiner des recherches sur l'action collective et sur l'innovation technique, pour explorer conjointement innovation technique et coordination des acteurs. Les résultats du projet pourraient alimenter les politiques publiques, sous l'angle de l'accompagnement aux changements d'une diversité d'acteurs du système agri-alimentaire pour permettre une transformation agroécologique à l'échelle de territoires. Cela suppose de former et soutenir financièrement dans le temps long des acteurs du changement dans les territoires, capables d'animer dans la durée un processus participatif de conception d'innovations couplées. Cela suppose aussi de soutenir des dispositifs d'interconnaissance et de coordination entre acteurs des filières et des territoires dans les transformations agroécologiques, alors qu'ils relèvent pour partie aujourd'hui de politiques publiques distinctes (ex : d'ordre territorial et filière).

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles : Les données qui étayent les résultats de cet article sont accessibles sur demande auprès de l'autrice de correspondance de l'article, sous réserve du respect du RGPD auquel le projet INTERLUDE est soumis.



Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction : Les auteurs et autrices n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Contributions des auteurs et autrices

M. Navarrete et M. Casagrande : co-portage du projet INTERLUDE, coordination de l'écriture de l'article

V. Angeon, M. Casagrande, M. Chave, A. Dufils, C. Eckert, A. Lefèvre, C. Lesur-Dumoulin, S. Mothes, M. Navarrete, L. Parrot, R. Sabatier et S. Simon : rédaction de sections du manuscrit

Tou.te.s : participation à la construction des dispositifs, au recueil et/ou à l'analyse des données

Déclaration d'intérêt : Les auteurs et autrices déclarent ne pas travailler, ne pas conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Remerciements : Les auteurs et autrices remercient chaleureusement les acteurs des territoires et les étudiant.e.s qui ont participé au projet dans le cadre de leur stage de fin d'étude ou d'étude en cours de cursus (E. Bousquet, V. Dieudonné, J. Desombre, L. Eypert, F. Ghestem, R. Guelorget, E. Journeau, E. Michel, S. Michel, E. Moreau, O. Signarbieux et M. Strand).

Déclaration de soutien financier : Le projet INTERLUDE a bénéficié du soutien financier de l'OFB dans le cadre de l'APR Leviers territoriaux pour réduire l'utilisation et les risques liés aux produits phytopharmaceutiques lancé dans le cadre du plan Écophyto II+ et co-piloté par les ministères de la transition écologique, de l'agriculture et de l'alimentation, des solidarités et de la santé et de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation.

Références bibliographiques :

Angeon V., Casagrande M., Navarrete M., Sabatier R., 2024. A conceptual framework linking ecosystem services, socio-ecological systems and socio-technical systems to understand the relational and spatial dynamics of the reduction of pesticide use in agrifood systems. *Agricultural Systems* 213, 103810.

Angeon V., Fréguin-Gresh S., 2022. Les stratégies des acteurs intermédiaires des circuits alimentaires de proximité en Guadeloupe : vers une alimentation relocalisée ? *EchoGéo* 60. Doi: 10.4000/echogeo.23227.

Bazoche P., Combris P., Giraud-Héraud E., Seabra Pinto A., Bunte F., Tsakiridou E., 2014. Willingness to pay for pesticide reduction in the EU: nothing but organic? *European Review of Agricultural Economics* 41, 87–109.

Boulestreau Y., Casagrande M., Navarrete M., 2021. Analyzing barriers and levers for practice change: a new framework applied to vegetables' soil pest management. *Agronomy for Sustainable Development* 41, 44:18.

Boulestreau Y., Casagrande M. (co-premiers auteurs), Navarrete M., 2023. A method to design coupled innovations for the agroecological transition. Implementation for soil health management in Provencal sheltered vegetable systems. *Agricultural Systems* 212, 103752.

Bousquet E., 2021. Situations de recours aux produits phytopharmaceutiques hors produits de biocontrôle dans leurs différents usages en cultures légumières dans les Pyrénées-Orientales et repérage des freins à leur réduction. Synthèse du mémoire de stage.

Brun J., Jeuffroy M.H., Pénicaut C., Cerf M., Meynard J.M., 2021. Designing a research agenda for coupled innovation towards sustainable agrifood systems. *Agricultural Systems* 191, 103143.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.



- Casagrande M., Belmin R., Boulestreau Y., Le Bail M., Navarrete M., Meynard J.M., 2023. Guide méthodologique pour le diagnostic des freins et leviers sociotechniques aux processus d'innovation dans des systèmes agri-alimentaires. INRAE.
- Chave M., Angeon V., Casagrande M., 2023. Biosolutions : dépasser le paradigme de la substitution pour une production maraîchère écologisée en Guadeloupe. *Innovations Agronomiques* 92.
- Cnudde M., 2021. Diagnostic des besoins en termes de compétences des agents du développement agricole pour accompagner la transition agroécologique à l'échelle du système socio-technique. Mémoire d'ingénieur ESA Angers.
- Cochet H., 2011. L'agriculture comparée. Éditions Quæ, Indisciplines, Paris, France.
- Darets S., 2023. Co-conception de scénarios territoriaux permettant de réduire le recours aux produits phytosanitaires au sein de la filière maraîchère des Pyrénées-Orientales. Mémoire d'ingénieur AgroParisTech.
- Desombre J., 2022. Biocontrôle et biostimulation comme alternatives aux produits phytopharmaceutiques en maraîchage aux Antilles, Rapport de stage de césure ENSAT.
- Dieudonné V., Guelorget R., Journeau E., Moreau E., 2023. Réduire le recours aux produits phytosanitaires dans un territoire : co-évaluer un scénario territorial pour la filière maraîchère dans les Pyrénées-Orientales. Etude pro des étudiants de 5ème année de l'ISARA (confidentiel).
- Djian-Caporalino C., Mateille T., Bailly-Bechet M., Marteu N., Fazari A., Bautheac P., Raptopoulo A., Van Duong L., Tavoillot J., Martiny B., 2019. Evaluating sorghums as green manure against root-knot nematodes. *Crop Protection* 122: 142-150. Doi: 10.1016/j.cropro.2019.05.002.
- Eckert, 2018. Présentation des résultats IFT 2018 du réseau DEPHY. Comparaison des IFT du réseau DEPHY avec les IFT issus des enquêtes « pratiques culturelles », <https://www.youtube.com/watch?v=BxS5uftmk1M&list=PLExrLoicKyXHfhl5Qur1sncz4gvzXA1hE&index=17>
- Eypert L., 2022. Co-conception de scénarii territoriaux de développement des stratégies de biocontrôle et biostimulation dans le secteur légumier aux Antilles françaises. Mémoire d'ingénieur AgroParisTech.
- Faliès C., Hulot M., 2023. For an integrated approach to food systems, *EchoGéo* 60. Doi: 10.4000/echogeo.25348.
- Goulet F., Aulagnier A., Fouilleux E., 2023. Moving beyond pesticides: exploring alternatives for a changing food system. In: *Environmental Science and Policy*, Vol.147, pp. 177–187. Doi: 10.1016/j.envsci.2023.06.007.
- Gardarin A., Celette F., Naudin C., Piva G., Valantin-Morison M., Vrignon-Brenas S., Verret V., Médiène S., 2022. Intercropping with service crops provides multiple services in temperate arable systems: a review. *Agron Sustain Dev* 42: 39. Doi: 10.1007/s13593-022-00771-x.
- Ghestem F., 2021. Caractérisation et modélisation de stratégies de gestion durables des populations de nématodes à galles *M. incognita*, mémoire de césure, Institut Agro Rennes
- Lamine C., Meynard J.M., Bui S., Messéan A., 2010. Réductions d'intrants : des changements techniques, et après ? Effets de verrouillage et voies d'évolution à l'échelle du système agri-alimentaire. *Innovations Agronomiques* 8, 121-134.
- Le Berre M., 1995. Territoire, in Bailly A. et al. *Encyclopédie de Géographie*, Paris, éditions Economica.
- Lefèvre A., Perrin B., Lesur-Dumoulin C., Salembier C., Navarrete M., 2020. Challenges of complying with both food value chain specifications and agroecology principles in vegetable crop protection, *Agricultural systems*, 185: 102953, Doi: 10.1016/j.agsy.2020.102953.
- Meynard, J., Charrier, F., Fares, M., Le Bail, M., Magrini, M., Charlier, A. and Messéan, A., 2018. Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agronomy for Sustainable Development* 38, 13.
- Meynard J.M., Jeuffroy M.H., Le Bail M., Lefèvre A., Magrini M.B., Michon C., 2017. Designing coupled innovations for the sustainability transition of agrifood systems. *Agricultural Systems* 157, 330-339.
- Michel E., 2021. A sociotechnical analysis in market gardening systems. Understanding the barriers and levers to agroecological soil management in Provence. Master thesis Isara/Norwegian University of Life Sciences.



Michel S., 2022. Feasibility study of a mulching sector using recycled organic matter in vegetable production – Galion watershed, Martinique. Mémoire ingénieur ISARA.

Morel K., Revoyron E., San Cristobal M., Baret P.V., 2020. Innovating within or outside dominant food systems? Different challenges for contrasting crop diversification strategies in Europe. PLoS ONE 15(3): e0229910. Doi: 10.1371/journal.pone.0229910.

Navarrete M., Casagrande M., Dufils A., Lefèvre A., Lesur-Dumoulin C., 2024. Analyzing sociotechnical barriers and fostering innovation to diversify crop rotations in sheltered vegetable cropping systems. Studies in South-eastern France, 15th IFSA conference, Trapani (Italy), 1-4 juillet 2024.

Navarrete M., Casagrande M. (co-premières autrices), Angeon V., Chave V., Dufils A., Lefèvre A., Lesur-Dumoulin C., Parrot L., Roche R., Simon S. Des innovations couplées pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires en production maraîchère. Analyse transversale de 4 territoires en France métropolitaine et aux Antilles, soumis à Innovations agronomiques.

Nilusmas S., Mercat M., Perrot T., Djian-Caporalino C., Castagnone-Sereno P., Touzeau S., Calcagno V., Mailleret L., 2020. Multi-seasonal modelling of plant-nematode interactions reveals efficient plant resistance deployment strategies. Evolutionary Applications, 13 (9): 2206-2221. Doi : 10.1111/eva.12989.

Paravano L., Petit M.S, Reau R et Prost L., 2022. Être agronome dans un contexte de transition agroécologique. Agronomie, Environnement & Sociétés, 12 (2). Hal-04056598f

Parrot L., Joltreau T., 2024. Tous les chemins mènent-ils au rhum ? Le rôle de l'alliance sur la performance des coalitions d'acteurs dans les filières canne à sucre et maraîchage en Martinique. Economie Rurale 389, à paraître.

Parrot L., Varenne M., 2023. Confiance, vulnérabilité et résilience : le paradoxe des stratégies de diversification maraîchères en Martinique. Mondes en Développement 204, 131 48.

Signarbieux O., 2022. Développement agricole sur le bassin versant du Galion en Martinique : Une histoire de la captation de la valeur ajoutée par des tiers au détriment des petits, mémoire AgroParisTech.

Strand M., 2022. Proximity and PPP-dependency. The role of intermediary actors' mobilization of proximity dynamics in reducing the dependency of Plant Protection Products in local vegetable distribution channels in the two French territories of Martinique and Pyrénées-Orientales, Mémoire de fin d'études. Institut Agro Rennes.

Vanloqueren G., Baret P.V., 2008. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. Research Policy 38, 971–983.

Vida C., de Vicente A., Cazorla F.M., 2020. The role of organic amendments to soil for crop protection: Induction of suppression of soilborne pathogens. Annals of Applied Biology 176, 1-15.

Weber S., 2022. Transition alimentaire : du côté des intermédiaires, EchoGéo [En ligne], 60 | 2022, mis en ligne le 30 juin 2022. Doi: 10.4000/echogeo.23592.

Wezel A., Casagrande M., Celette F., Vian J.F., Ferrer A., Peigné J., 2014. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development 34, 1-20.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue Innovations Agronomiques et son DOI, la date de publication.



Tableau 1 : Démarches, freins, innovations conçues et ressources dans les 4 territoires d'étude

Cas d'étude	Objectif	Leviers AE visés	Principaux freins à l'adoption des leviers AE étudiés, des maraîchers et des autres acteurs du système agrialimentaire)	Innovations couplées conçues	Ressources
Provence	Gérer les maladies et ravageurs telluriques	Apport massif de matières organiques (MO) non compostées	1. Manque d'organisation de la logistique et du stockage des MO au regard du coût du transport 2. Absence d'équipement adapté pour le chargement et l'épandage des MO sous les abris froids 3. Présence d'inertes indésirables et de polluants dans certaines MO 4. Manque de connaissances des maraîchers pour l'utilisation des différentes matières organiques	P1 Pérenniser la ressource pour des maraîchers déjà utilisateurs P2 Développer l'accès à la ressource pour de nouveaux maraîchers	Michel, 2021 Ghestem, 2021 Navarrete et al 2024
		Diversification des cultures en rotation	1. Commercialisation difficile des cultures de diversification du fait de l'organisation des GMS : approvisionnement avec gros volumes 2. Système de référencement des fournisseurs, cahier des charges qualité restrictif et organisation du métier d'acheteur des GMS 3. Manque d'intérêt des GMS et des consommateurs pour les tentatives de diversification des exploitations agricoles 4. Organisation de la filière légume qui déconnecte les transformateurs des maraîchers 5. Difficulté d'organisation du travail pour piloter des syst. diversifiés	P3 Créer des débouchés locaux pour les légumes de diversification (restauration collective via grossistes locaux, vente directe au consommateur). P4 Créer des débouchés nationaux via les GMS	
Roussillon	Réduire l'usage des PPS sur les cultures d'automne-hiver, dont la salade	Itinéraire technique AE pour produire de la salade sans résidus de PPS	1. Volonté de sécurisation des volumes de salade des producteurs, pour répondre aux demandes des GMS (volumes importants sur des périodes étendues, avec critères de qualité exigeants) 2. Manque de matériel végétal résistant et de produits alternatifs aux PPS 3. Assolements trop spécialisés en salade à l'échelle des exploitations et du territoire, qui limite le potentiel de régulation des bioagresseurs de la culture. 4. Substitution des cultures de salade par d'autres cultures moins utilisatrices de PPS freinée par le besoin des volumes importants (cf 1.) et par l'organisation de la commercialisation par espèce ; faible demande des consommateurs pour cultures de substitution	R1 Construire une filière salade sans résidus de PPS R2 Créer un territoire favorable à la régulation des bioagresseurs	Bousquet 2021 Darrets 2023 Strand 2022 Dieudonné, Guelorget, Journeau, Moreau 2023 Navarrete et al 2024

Cas d'étude	Objectif	Leviers AE visés	Principaux freins à l'adoption des leviers AE étudiés, des maraîchers et des autres acteurs du système agrialimentaire)	Innovations couplées conçues	Ressources
Guadeloupe	Réduire l'usage des PPS avec des stratégies de protection des plantes intégrant des biosolutions.	Biosolutions (biocontrôle et biostimulants)	1. Manque de structuration de la filière maraîchage, d'appui technique et de transfert d'information, population d'agriculteurs vieillissante 2. Complexité de la réglementation française et européenne sur les biosolutions 3. Efficacité limitée ou aléatoire de certaines solutions suivant les contextes et conditions d'utilisation (perte de confiance en ces produits). 4. Manque de références scientifiques face une grande diversité de solutions 5. Problématiques techniques sur les biosolutions	G1 Substituer des PPS par des biosolutions locales en exploitation G2 Reconcevoir de façon autonome les systèmes de culture pour réduire ou supprimer l'utilisation des PPS G3 Coordonner le système agrialimentaire pour réduire les PPS G4 : Créer un marché alternatif de produits de biocontrôle et biostimulants	Chave et al. 2023 Desombre 2022 Eypert 2022
Martinique	Réduire la pénibilité du travail du désherbage manuel	Paillages avec des ressources organiques locales	1. Concurrence pour l'accès aux ressources végétales des autres filières (canne, banane) 2. Difficile accès aux sous-produits industriels 3. Difficulté à mutualiser les moyens humains et matériels en exploitation	M1 Favoriser les échanges inter-filières de ressources naturelles sous-utilisées M2 Développer le paillage des parcelles maraîchères avec un sous-produit de la filière canne (bagasse) M3 Développer une filière de production et de transfert de BRF à l'échelle d'un bassin versant	Signarbieux 2022 Michel S. 2022 Strand 2022 Parrot et Varenne (2024) Parrot et Joltreau (2024)

Une description plus détaillée des 4 territoires est disponible dans Navarrete, Casagrande et al, soumis