Concevoir et évaluer avec les acteurs des systèmes de culture adaptés à leurs cadres de contraintes et d'objectifs en production maraichère sous abri. Mise en pratique et enseignements dans les projets GeDuNem et 4SYSLEG

Mireille Navarrete, Amélie Lefevre, Arnaud Dufils, Laure Pares, Benjamin Perrin

▶ **To cite this version:**

Mireille Navarrete, Amélie Lefevre, Arnaud Dufils, Laure Pares, Benjamin Perrin. Concevoir et évaluer avec les acteurs des systèmes de culture adaptés à leurs cadres de contraintes et d'objectifs en production maraichère sous abri. Mise en pratique et enseignements dans les projets GeDuNem et 4SYSLEG. Innovations Agronomiques, 2017, 61, pp.33-49. 10.15454/1.5174003831099963E12 . hal-01734688

HAL Id: hal-01734688
https://hal.science/hal-01734688

Submitted on 14 Mar 2018

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Innovations Agronomiques 61 (2017), 33-49

Concevoir et évaluer avec les acteurs des systèmes de culture adaptés à leurs cadres de contraintes et d'objectifs en production maraichère sous abri.

Mise en pratique et enseignements dans les projets GeDuNem et 4SYSLEG

Navarrete M.[1], Lefèvre A.[2], Dufils A.[1], Parès L.[2], Perrin B.[2]

[1] Unité Ecodéveloppement, INRA, 228 route de l'aérodrome, CS 40509, F-84014 Avignon cedex 09

[2] Domaine Expérimental Alénya Roussillon, INRA, F-66200 Alénya

Correspondance : mireille.navarrete@inra.fr

Résumé

Pour répondre aux enjeux de production, de santé humaine et de préservation de l'environnement, de nouveaux systèmes de culture doivent être imaginés. La participation active des professionnels agricoles (agriculteurs, conseillers, expérimentateurs…) dans ces démarches vise à concevoir et expérimenter des systèmes à la fois performants sur le plan agroécologique et réalisables dans les exploitations agricoles. Dans cet article, nous présentons une analyse croisée de deux projets de co-conception conduits sur les systèmes maraîchers sous abris en zone méditerranéenne pour contrôler les bioagresseurs des cultures. Nous explicitons les choix effectués au cours de la démarche, en particulier la place de l'expérimentation-système, et discutons leur cohérence au regard des enjeux initiaux. Nous montrons que l'objectif de trouver des modes de conduite basés sur des processus agroécologiques questionne fortement la nature des connaissances produites et la façon de disséminer les résultats. La discussion porte également sur la participation des acteurs et la diversité de leurs rôles dans les démarches de co-conception. Les sorties des projets de co-conception ne se limitent pas à quelques stratégies agronomiques conçues et testées sur un site spécifique, mais incluent aussi des modalités de raisonnements et des apprentissages qui contribuent à la transition agroécologique et à de nouvelles relations entre scientifiques et professionnels.

Mots-clés : Co-conception, Expérimentation-système, Innovation, Participation des acteurs, Santé des plantes, Légumes

Abstract: When scientists and stakeholders design and assess innovative cropping systems fitted to farm objectives and constraints in protected vegetable production

Vegetable cropping systems have to be redesigned to face the challenge of meeting food demand and preserving human health and environment. Promoting the participation of stakeholders (farmers, technical advisers, experimenters…) in the process is a key to reach solutions both efficient on an agroecological viewpoint and acceptable for growers. In this article, we present a cross-analysis of two participatory projects on sheltered market-gardening in the Mediterranean area that are focused on pest and disease management. Decisions and choices taken during the multi-actors process, in particular for system experiments, and their consistency are discussed. We show that using agroecological principles in the co-design stage raises questions about the nature of the knowledge built and the way to disseminate the results. We argue that the outputs from co-design projects cannot be summarized to a limited set of agronomical strategies assessed on a specific site. Learning how to manage them in an agroecological transition and inventing new relationships between scientists and stakeholders are also key results.

Keywords: Co-design, Innovation, Participatory research, Crop health, Market-gardening

Introduction

Dans le secteur des légumes, il y a un enjeu fort à réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques (PPP) qui entrainent des risques sanitaires pour les applicateurs et les consommateurs et participent à la dégradation de l'environnement. Mais malgré les incitations fortes des pouvoirs publics depuis une quinzaine d'années, force est de constater que seule une partie des agriculteurs ont réduit significativement l'usage des pesticides. Ce constat questionne le rôle des institutions de recherche et de développement pour accompagner la transition agroécologique (Schut et al., 2014).

Les modes de production relevant de l'agroécologie[1] vue comme « l'ensemble de pratiques agricoles dont la cohérence repose sur l'utilisation des processus écologiques et la valorisation de l'(agro)biodiversité » (David et al., 2011) sont une voie prometteuse pour réduire l'usage des PPP. Cette approche consiste à développer à l'échelle du champ cultivé et de son environnement, des modalités de conduite des cultures mobilisant notamment les mécanismes de régulation naturelle pour limiter les bioagresseurs : prédation ou parasitisme de nuisibles par des auxiliaires indigènes, concurrence entre communautés biologiques limitant l'expansion de pathogènes dans le sol, plantes barrière ou pièges de bioagresseurs… La conduite des cultures maraîchères sous abri étant très artificialisée[2], il ne suffit pas d'attendre que ces régulations naturelles se mettent en place spontanément, et il faut au contraire combiner différentes pratiques dans le temps ou l'espace pour favoriser ces régulations. La mise en pratique de l'agroécologie interroge l'activité des agronomes sous deux angles principaux (Doré et al., 2011 ; Girard, 2014) : d'une part**, l'incomplétude des connaissances** qui résulte de la complexité des phénomènes de régulations biologiques et des nombreuses interactions avec les contextes locaux et la conduite des cultures, d'autre part **les incertitudes** notamment sur l'ampleur et la vitesse à laquelle ces régulations vont se mettre en place. C'est donc à la fois la conception de systèmes de culture agroécologiques et l'évaluation de leurs performances qui se trouvent questionnées : Avec quel degré de précision faut-il décrire les leviers agroécologiques dans la conception et quels choix techniques relèvent du pilotage et de l'adaptation des systèmes agroécologiques ? Jusqu'à quel degré et comment adapter les connaissances aux situations locales, en particulier au niveau des populations de bioagresseurs ?

Ces nouveaux agencements de pratiques doivent tenir compte des contraintes des agriculteurs pour leur mise en place sur leur exploitation, d'où l'intérêt de développer des démarches participatives qui impliquent les utilisateurs finaux (Pretty, 1995). Dans les démarches de co-conception de systèmes agricoles innovants (Meynard et al., 2012), les professionnels agricoles contribuent non seulement à définir les objectifs que doivent atteindre les nouveaux systèmes et les contraintes qu'ils doivent respecter, mais ils fournissent aussi leur expertise afin de combler des trous de connaissance. Notons que si l'innovation en agroécologie porte préférentiellement sur des techniques ou combinaisons de techniques, elle concerne également de nouvelles organisations logistiques ou socioéconomiques, de nouvelles formes de consommation et élargit par conséquent les échelles d'analyse, de la parcelle à l'agroécosystème, au territoire et/ou à la filière.

La démarche de co-conception comporte généralement plusieurs étapes (Vereijken 2007 ; Le Bellec et al., 2012): (1) la production ou la mise en partage de connaissances sur le fonctionnement biotechnique des systèmes et des exploitations, qui aboutit à la définition d'un cadre de conception : un jeu d'objectifs à atteindre et de contraintes à respecter, (2) la conception proprement-dite qui repose sur plusieurs itérations de construction de solutions respectant ce cadre et d'évaluation à dire d'experts ou assistée par modèle, (3) l'évaluation au champ des performances des prototypes, et (4) la dissémination des systèmes les plus performants à plus grande échelle.

[1] Voir une définition élargie sur les sites http://mots-agronomie.inra.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Agroecologie et http://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agroecologie/

[2] Rotations rapides, absence de jachère, peu de transferts avec l'extérieur par effet barrière de la couverture plastique…

Si la démarche et les outils commencent à être bien renseignés (Reau et al., 2012 ; Launais et al., 2014 en maraîchage), chaque projet de co-conception donne lieu à des adaptations en fonction des objectifs visés, des connaissances disponibles et des acteurs impliqués. **L'objectif de l'article est d'expliciter la démarche, les contraintes et *in fine* la cohérence des choix au regard des enjeux initiaux** dans deux projets de recherche pilotés par les auteurs de l'article (GeDuNem et 4SYSLEG).

Ces deux projets concernent les cultures sous abris plastiques dans le Sud de La France et traitent de l'enjeu majeur de protection des cultures contre les bioagresseurs. Ils combinent une phase de co-conception de nouveaux systèmes de culture et une phase d'évaluation au champ par expérimentation-système pluriannuelle, deux phases dans lesquelles une gamme d'acteurs issus du conseil agricole, de l'expérimentation et de la recherche est mobilisée. Les deux projets sont d'abord présentés via (1) les enjeux, objectifs et contraintes initiales du dispositif de recherche, (2) la stratégie de recherche mise en œuvre, et (3) les sorties agronomiques du projet. Puis de manière transversale, sont discutés certains des choix faits au cours du projet pour concevoir, expérimenter et piloter en temps réel et en partenariat les nouveaux systèmes de culture. Les auteurs s'interrogent en particulier sur la nature des enseignements permis par les projets, sur le recours aux acteurs dans la démarche, le maintien de la cohérence tout au long de cette démarche pluriannuelle, et la nature des connaissances produites.

1. Le projet GeDuNem : contrôler les bioagresseurs du sol avec des combinaisons de techniques adaptées à différents types d'exploitations

1.1 Enjeux, objectifs et contraintes initiaux du dispositif de recherche

En maraîchage sous abri en zone méditerranéenne, les rotations culturales très intensives et peu diversifiées, accompagnées par le changement climatique, concourent à un fort développement des bioagresseurs telluriques. Dans ces conditions, la réduction de l'usage des PPP est un véritable défi pour les professionnels agricoles. Dès 2009, des chercheurs et des professionnels agricoles de la région PACA décident donc de **mettre au point des systèmes de culture agroécologiques qui permettent de réduire les dégâts des nématodes à galles** (*Meloidogyne* spp.) dont les niveaux de contamination en région PACA sont très élevés (Djian-Caporalino, 2010), **sans exacerber les autres pathogènes** (en particulier les maladies fongiques), **ni dégrader la fertilité du sol**. L'enjeu est de combiner des techniques à effets partiels pour augmenter leurs performances. Les premières recherches démarrent dans le cadre du projet SysBioTel[3] (2009-2012) et aboutissent à la sélection de composantes techniques et agronomiques de base à combiner selon les principes agroécologiques encore non éprouvés au champ. Puis dans le projet GeDuNem[4] (2012-2016), des agencements plus précis de techniques et de cultures sont imaginés et expérimentés au champ chez 3 producteurs du Sud-Est et sur le Domaine expérimental INRA d'Alénya. Répondant à un appel à projet du Métaprogramme SMaCH de l'INRA sur la durabilité des résistances, le projet GeDuNem se concentre sur les prototypes qui mobilisent le levier génétique (variété résistante, espèces non ou peu hôtes des nématodes à galles) en combinaison avec des pratiques destinées à réduire les populations dans le sol (solarisation, engrais vert nématicide). Il s'agit donc à la fois de trouver des systèmes de culture performants et de suivre les possibles contournements de résistance au fil des années.

[3] Gestion intégrée des bioagresseurs telluriques en systèmes de cultures légumiers ; ANR SYSTERRA, labellisé PIClég

[4] Gestion Durable des Nématodes, https://www.picleg.fr/Les-Projets-acheves/Gedunem ; INRA MP SMaCH, labellisé PIClég

1.2 Stratégie de recherche mise en œuvre dans le projet

1.2.1 Objectifs concrets et cadre de contraintes pour la conception de nouveaux systèmes

Comme plus de 40% des exploitations de la région PACA sont atteintes par les nématodes à galles (Djian-Caporalino, 2010), un élément marquant du projet est de trouver des solutions mobilisables par une large gamme d'exploitations maraîchères, certaines pouvant être facilement mises en œuvre à court terme quand d'autres, potentiellement plus efficaces sur le long-terme, demandent un exercice de reconception et des changements majeurs à l'échelle des exploitations ou des filières. Une gamme limitée de systèmes de culture adaptés à différents types d'exploitation est donc élaborée, sans changer en profondeur le fonctionnement des exploitations, et notamment leur positionnement commercial. Ils s'appuient sur plusieurs leviers agroécologiques : (1) la rotation alternant des cultures commerciales hôtes, non hôtes ou avec des variétés résistantes aux nématodes à galles ; (2) l'introduction de cultures intercalaires ayant des fonctions de piégeage ou de destruction des nématodes ; (3) l'utilisation de techniques à effet assainissant (solarisation des sols, apport de matière organique pour favoriser la vie du sol…).

Deux types d'exploitation cibles sont identifiés, parce qu'elles sont fréquentes sur la zone d'étude et qu'elles ont des contraintes très différentes. Les exploitations maraichères commercialisant **en circuit long** ont des rotations de culture peu diversifiées, basées sur une culture phare en hiver (la salade) et 2-3 cultures principales en été (tomate, melon, concombre), toutes étant hôtes des nématodes à galles. Pour adapter les systèmes de culture actuels, on doit tenir compte des exigences des opérateurs commerciaux sur les volumes et les calendriers de culture (par ex. produire de la salade précoce pour capter les marchés dès le démarrage de la campagne), de la quasi-absence de débouché pour des espèces de diversification et des exigences de rentabilité des exploitations. Au fil des réflexions, une distinction est faite suivant que les exploitations peuvent ou non introduire une culture intermédiaire à fonction assainissante en été, ce qui dépend de la longueur de la culture de printemps-été (Tableau 1). Les exploitations maraichères commercialisant **en circuit court** ont des rotations très diversifiées, élément a priori favorable à la gestion des bioagresseurs telluriques. Mais elles doivent faire face à un certain nombre de contraintes spécifiques. Les parcelles ne sont jamais ou rarement libres en été pour une culture intermédiaire. Elles doivent fournir une gamme large de légumes et peuvent introduire assez facilement des espèces de diversification. Enfin, elles ont une charge en travail déjà très élevée au regard de la force de travail disponible.

1.2.2 Rôle et organisation des ateliers multi-acteurs

Le **groupe de conception** est constitué : (1) de pathologistes, nématologistes, généticiens et agronomes de l'INRA et l'IRD; (2) d'ingénieurs de stations expérimentales régionales (en production conventionnelle et biologique) ; de conseillers techniques de deux chambres d'agriculture (Vaucluse et Bouches-du-Rhône) et (3) d'une coopérative locale de commercialisation des légumes. Cette diversité vise à couvrir la diversité des exploitations et des systèmes techniques de la région et à préciser les contraintes liées aux filières de commercialisation (Figure 1).

Le groupe de conception se réunit à 6 occasions entre 2010 et 2011. Lors de ces ateliers, les experts contribuent à définir les objectifs à atteindre, à élaborer concrètement les combinaisons de techniques et les rotations, et fournissent des connaissances sur l'organisation dans les exploitations et sur la compatibilité des combinaisons techniques avec les différents types d'exploitations, éléments complémentaires aux connaissances des scientifiques. Les prototypes de systèmes de culture sont discutés et évalués pendant l'atelier par les experts eux-mêmes, et pour certains avec le modèle DEXi-Maladies (Tchamitchian et al., 2009) ou après recherche de connaissances complémentaires dans la littérature. Ils sont progressivement affinés au cours des 6 ateliers. Bien que les utilisateurs finaux soient les agriculteurs, ils n'ont pas été sollicités pour élaborer les nouveaux systèmes car leur présence régulière aux ateliers de conception semblait difficile. Par contre, leurs connaissances ont été mobilisées à plusieurs occasions, avant et après la phase de conception proprement dite (Figure 1).

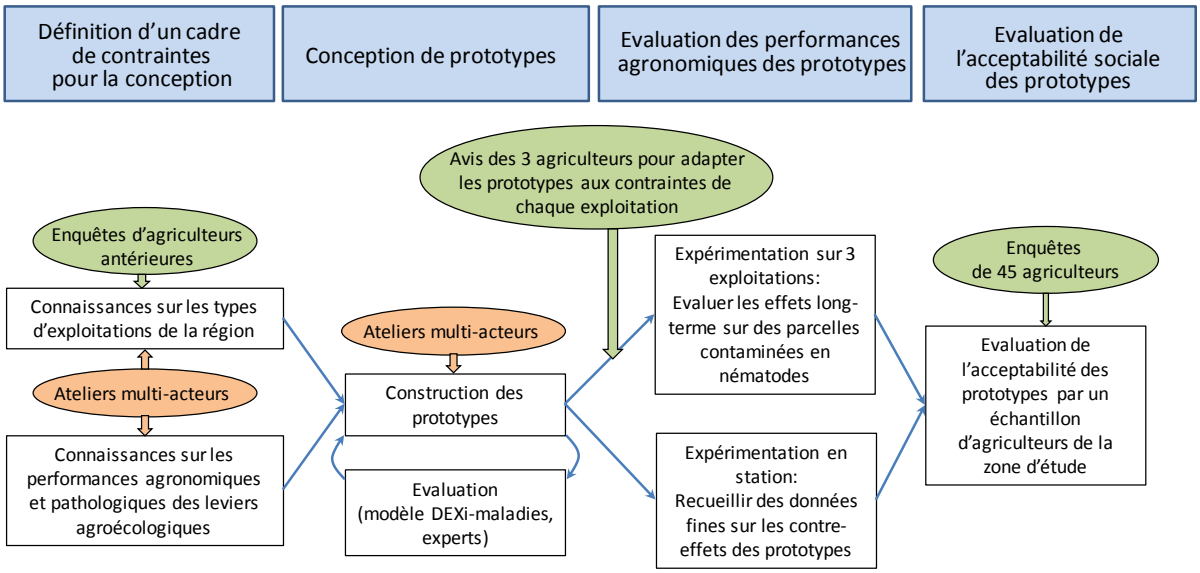

Figure 1 : Recours aux connaissances scientifiques et expertes dans le déroulement du projet GeDuNem. En orange : recours aux connaissances des experts lors des ateliers ; en vert : recours aux connaissances des agriculteurs hors ateliers.

1.2.3 Dispositif expérimental pour l'évaluation des systèmes de culture

Les prototypes issus des ateliers de conception étaient des successions de cultures commerciales et de cultures à fonction essentiellement nématicide, mais n'explicitaient pas ou peu les modalités concrètes de conduite des cultures. C'est donc au début de la phase d'expérimentation qu'ont été précisés les calendriers de culture et les itinéraires techniques, en fonction des caractéristiques propres à chaque parcelle expérimentale. La conduite d'expérimentations pluriannuelles, sur 4 ans, offrait la possibilité de mesurer les impacts des nouveaux systèmes sur la productivité des cultures, sur le niveau et la nature des populations de bioagresseurs, même si cette durée reste courte au regard des dynamiques en jeu. Sur les 6 prototypes identifiés (Tableau 1), seuls 3 seront effectivement évalués par expérimentation dans le projet GeDuNem (Djian-Caporalino et al., 2015) du fait de contraintes financières et organisationnelles.

Les expérimentations ont été réalisées chez 3 producteurs et en station de recherche. Si l'expérimentation en parcelle de producteur permettait de tester les systèmes en surfaces de production commerciales et d'évaluer leur faisabilité en conditions réelles, certaines données agronomiques ne pouvaient pas être recueillies. L'expérimentation sur la station expérimentale INRA d'Alénya, même si les sols n'y sont pas contaminés par des nématodes à galles, a permis d'acquérir une gamme de données complémentaires selon des protocoles de mesures fines et invasives (e.g. profils de sol). En particulier, pour les prototypes intégrant dans la rotation une culture d'engrais vert (piment piège et sorgho nématicide) dont le comportement agronomique était peu ou pas renseigné, l'expérimentation en station a permis l'optimisation des itinéraires techniques (par exemple en évaluant l'effet des conditions d'implantation) et la quantification des effets sur la productivité des cultures commerciales et le développement des autres maladies (Navarrete et al., 2016). La phase d'expérimentation repose donc sur 5 parcelles, chacune hébergeant l'un des 3 prototypes. Deux prototypes sont évalués conjointement en station et en parcelle de producteur. Un système de référence inspiré des pratiques courantes du maraîcher est associé au prototype testé en exploitation. Certaines cultures de la succession (ex : salade) sont communes à tous les systèmes en début, milieu et fin de projet, pour évaluer les attaques de nématodes à galles avec le même indicateur, et donc comparer les différentes parcelles.

1.2.4 Sorties agronomiques du projet

A l'issue de la première phase (2009-2011), six prototypes ont été formalisés (Tableau 1). Chacun est destiné prioritairement à un type d'exploitation et notamment à un mode de commercialisation, puisque cela conditionne la période disponible pour l'introduction d'engrais verts assainissants. Par exemple les exploitations commercialisant en circuit long et cultivant des cultures d'été longues (tomate, poivron) ne peuvent cultiver d'engrais vert en été. Deux solutions sont imaginées : le prototype 2 se base sur des successions de cultures hôtes et de cultures non hôtes ou résistantes. Mais cela amène à introduire des cultures de poivron, seule espèce qui porte actuellement des gènes de résistance aux nématodes à galles qui soient non contournables ; le prototype 3 repose sur la suppression de la culture de salade d'automne : d'une part cela permet d'introduire un engrais vert nématicide de la famille des Brassicacées ; d'autre part cela empêche la multiplication des nématodes par la salade, espèce sensible, à une période où les nématodes se multiplient encore rapidement.

Tableau 1 : Six prototypes de systèmes de culture pour contrôler les nématodes à galles (NG) dans différents types d'exploitations maraîchères

Types d'exploitation	Prototypes[1]	Voies d'action[2]	Degré d'innovation[3]
Peu diversifiées, avec cultures d'été courtes (arrêt mi-juillet) et commercialisant en circuit long	**1a:** Engrais vert nématicide en été une année sur 2 (sorgho à haute teneur en dhurrine[4], avec une durée de culture plus courte que le sorgho standard pour maximiser la production de dhurrine) ; maintien des cultures classiques hôtes des NG dans la succession	1+4	Substitution
	1b: Biodésinfection par apport de matière organique fraiche en été chaque année ; maintien des cultures classiques hôtes des NG dans la succession	1+2+4	Substitution
	1c: Engrais vert avec une espèce-piège des NG (piment, gènes Me1/*Me3*) en été une année sur 2 ; maintien des cultures classiques hôtes des NG dans la succession	1+3	Substitution
Peu diversifiées, avec cultures d'été longues (arrêt fin août) et commercialisant en circuit long	**2:** Alternance de cultures hôtes et non hôtes ; optimisation de la succession de gènes de résistance sur poivron (Me3 et Me1, pyramidés ou non)	1+3	Reconception
	3: Remplacement de la culture de salade d'automne, très bon hôte, par un engrais vert biocide (Brassicacée) une année sur 2 ; maintien des cultures classiques hôtes des NG dans la succession	1+3+4	Substitution
Très diversifiées, commercialisant en circuit court	**4:** Augmentation de la diversité cultivée par parcelle ; réorganisation des successions pour cultiver les plantes non hôtes (mâche, persil) à l'automne, période de forte activité des nématodes ; solarisation en été une année sur 2	1+3+4	Reconception

[1] Eléments clés des prototypes, qui sont détaillés dans Djian-Caporalino et al. (2015)
[2] Voies d'action identifiées à partir de la littérature: Voie 1 : Limiter la dissémination des bioagresseurs entre parcelles et les recontaminations ; Voie 2 : Favoriser les compétitions par des microorganismes antagonistes endogènes ou exogènes ; Voie 3 : Interrompre le cycle de développement des bioagresseurs ; Voie 4 : Détruire directement les bioagresseurs
[3] Degré d'innovation d'après le cadre Efficience-Substitution-Reconception d'Hill et Mc Rae (1995)
[4] Se transforme en acide cyanhydrique pendant la décomposition de la matière organique dans le sol, d'où l'action biocide

Les 6 prototypes sont plus ou moins en rupture par rapport aux pratiques actuelles : le prototype 1a, en remplaçant le sorgho classiquement utilisé par les maraîchers en engrais vert par une variété nématicide de la même espèce, relève de la substitution (Goillon et al., 2016) ; il est facile à mettre en œuvre. Par contre le prototype 1c, qui utilise le piment résistant comme plante de service pour piéger les nématodes, relève d'une reconception car il nécessite des changements de pratiques importants (notamment la plantation de l'engrais vert, à la place du semis). Or si les innovations de substitution ont

plus de chance d'être adoptées à court terme, les innovations radicales, plus complexes, ont le mérite de ré-ouvrir le champ des possibles (Meynard et al., 2012).

2. Le projet 4SYSLEG : Conception et évaluation multi-critère de 4 SYStèmes de production intégrée de cultures LEGumières sous abri non chauffé, adaptés à différents contextes technico-économiques

2.1 Enjeux, objectifs et contraintes initiaux du dispositif de recherche

Le projet 4SYSLEG[5] fait partie des 41 projets d'expérimentation financés par DEPHY EXPE 2011-2012. Cet appel à projet, inscrit dans le dispositif national Ecophyto, visait à accompagner les filières en production végétale vers une réduction au minimum de 50% de l'IFT de référence. Financé sur 6 ans, il invitait notamment à développer un dispositif d'essai de systèmes de culture innovants et contribuant à l'objectif de réduction d'usage des PPP. Le projet 4SYSLEG a été conçu en complémentarité de travaux déjà en place à l'INRA d'Alénya, dont GeDuNem et GeDuBAT (financé par DEPHY EXPE ; Ade *et al*., 2016).

Il s'est agi de développer une démarche explicite de conception et évaluation pas à pas de systèmes maraîchers sous abri agroécologiques qui tienne compte - dès la phase de conception - de la diversité des contextes de production rencontrés dans les exploitations maraichères et les filières de légumes frais. Les orientations commerciales, le degré de diversification des produits ou encore l'inscription à un cahier des charges spécifique sont autant de sources de différenciation entre les exploitations en terme d'objectifs visés et d'affectation de ressources. Ces différents schémas orientent les marges de manœuvre technico-économiques, la pertinence des solutions techniques et l'évaluation des performances du système. Ceci impacte notamment la stratégie de gestion intégrée de la santé des cultures et les choix tactiques envisageables. **L'objectif général est donc de proposer et d'expérimenter des stratégies agroécologiques tenant compte de cette diversité de contextes.**

Plusieurs questions se sont posées aux agronomes quant à la conception de tels systèmes maraîchers:

- **Des systèmes de culture pour répondre à de multiples enjeux** : Comment tenir compte de la diversité des déterminants de la production et de la valorisation - inscrits au niveau de l'exploitation ou de la filière - lors de la conception-évaluation de ces systèmes? Comment s'y prendre pour faire émerger des critères d'évaluation explicites pour les professionnels ?
- **Stratégie et pilotage des nouveaux systèmes :** Comment identifier des stratégies agronomiques innovantes susceptibles de répondre à ces exigences ? Comment ces décisions stratégiques sont-elles complétées chemin faisant par des décisions tactiques et opérationnelles lors de la mise en œuvre sur la parcelle ? Comment et jusqu'où aller dans la conception d'un système décisionnel lorsqu'on mobilise des mécanismes naturels qui sont par définition « situés » (c'est-à-dire très liés au contexte local)?
- **Interactions entre acteurs pour concevoir et évaluer :** Comme les connaissances nécessaires sont a priori dispersées chez différents acteurs, comment faire pour les mobiliser et les articuler au service de cette conception-évaluation ? La station INRA Alénya étant à l'initiative de ce projet et pilotant *in fine* l'expérimentation, comment renouveler ses interactions avec les acteurs du monde agricole pour atteindre ces objectifs?

L'objectif opérationnel du dispositif 4SYSLEG est d'identifier des systèmes de culture compatibles avec les attendus des filières et économes en PPP s'appuyant sur l'amélioration durable des équilibres et des dynamiques biologiques pour la régulation des cortèges de bioagresseurs telluriques et aériens et ce, pour l'ensemble des cultures de la succession. Ne disposant pas d'outil formalisé d'évaluation

[5] Voir la fiche projet sur http://cultures-legumieres.ecophytopic.fr/cl/innovation-en-marche/dephy/dephy-expe-composante-expérimentation-du-réseau-dephy

multicritère *ex ante* ou *ex post* en maraîchage sous abri, le projet vise aussi à expliciter une grille d'évaluation pour chaque système de culture expérimenté, sur la base d'indicateurs simples, cohérents et adaptés aux objectifs du système en termes de production et de commercialisation.

2.2 Stratégie de recherche mise en œuvre dans le projet

Pour répondre à ces questions, nous avons combiné une expérimentation-système en station et une démarche d'amélioration progressive des 4 systèmes conçus en partenariat. L'essai système mis en œuvre en station expérimentale INRA représente un support scientifique pertinent de test et d'amélioration pas à pas de systèmes originaux et à risques (vis-à-vis des objectifs visés et face à l'incertitude quant à l'établissement des régulations naturelles attendues, quant au délai probable avant que ces processus n'opèrent au champ…). Un dispositif de partenariat est concrétisé par la tenue depuis 2013 d'ateliers multi-acteurs semestriels menés autour de l'essai à la station d'Alénya. Il alimente la construction et l'évaluation de la diversité des systèmes expérimentés. Les ateliers permettent de capitaliser sur les caractéristiques des différents contextes de production et de valorisation explorés (préciser le cadre d'objectifs et de contraintes assigné au système, trouver les « bons critères »), de s'assurer de la cohérence globale des systèmes expérimentés et de mobiliser des connaissances et savoir-faire d'horizons divers qui ne sont pas disponibles facilement dans la littérature ou connus des expérimentateurs de la station. Cet ensemble « essai système / ateliers semestriels » vise à alimenter (i) la conception de 4 systèmes de cultures maraîchers agroécologiques, (ii) la mise à l'épreuve expérimentale de ces systèmes, (iii) l'évaluation de leurs performances et (iv) leur amélioration. Le dispositif expérimental et la conduite au quotidien des systèmes sont assurés par l'équipe INRA quand les autres phases sont le fruit de la participation du collectif d'acteurs (Figure 2).

2.2.1 Objectifs concrets et cadre de contraintes pour la conception de nouveaux systèmes

Tenant compte des potentialités agronomiques et commerciales du bassin maraîcher sud France, quatre systèmes de culture sont conçus pour quatre situations technico-commerciales de marché de frais, résultant de la combinaison du mode de production et du débouché commercial (Figure 3). Le mode de production respecte soit le cahier des charges de l'Agriculture Biologique (AB), soit les principes de la production intégrée (RED : réduction des PPP). Les spécifications liées à la valorisation commerciale des produits sont soit celles des circuits d'expédition dits longs (Long) soit celles de la vente directe de légumes diversifiés (Div). Ainsi, DivAB et DivRED renvoient à la production diversifiée pour la vente directe en exploitation au foncier modéré, alors que LongAB et LongRED visent une production destinée à l'expédition sur le marché national en exploitation plus spécialisée. De plus, tous les systèmes techniques mis en œuvre s'appuient sur la mise en place de pratiques mobilisant prioritairement les régulations naturelles pour minimiser l'impact du cortège de bioagresseurs aériens et telluriques des cultures.

2.2.2 Dispositif expérimental pour l'évaluation des systèmes de culture

Ce dispositif [6] étant déployé sur seulement 4 tunnels de 400 m², il ne comporte pas de système dit de référence, ni de répétitions dans l'espace, ni dans le temps (les cultures de la succession ne sont pas toutes présentes à chaque saison). Chaque système répond à un cap stratégique défini et à des principes-objectifs stabilisés. Par contre, les registres tactiques et opérationnels ou certaines règles de décision plus stratégiques peuvent faire l'objet d'une évolution, par exemple pour s'adapter aux dynamiques observées (bioagresseurs, état des plantes, réponses aux pratiques, nouveaux leviers disponibles). Le choix des cultures et intercultures peut également être modulé et argumenté en respectant le cap stratégique défini. Pour les 4 systèmes, les 2 ou 3 cultures par campagne sont toutes pilotées selon des procédures explicites quant à la gestion des bioagresseurs, la fertilisation, l'irrigation et la conduite des plantes. L'évaluation des mécanismes agronomiques et des performances globales

[6] Voir la fiche Site *INRA Domaine Expérimental Alénya Roussillon* à venir sur le futur site web Dephy (en construction 2017)

repose sur divers protocoles de mesures et observations (sur place ou en laboratoire) des communautés biologiques, des états de plantes, des systèmes racinaires, de la production (quantité, régularité et qualités) et des états de sol (fertilité chimique, physique et biologique). Les temps de travaux et la nature des intrants utilisés sont également consignés. Des cultures ou variétés « repères » en cours et en fin de projet sont implantées dans les 4 systèmes pour révéler et comparer certains processus ou performances entre les systèmes.

2.2.3 Rôle et organisation des ateliers multi-acteurs

Pour la conception et pour cette évaluation « à la carte » de 4 systèmes contrastés, le dispositif participatif implique une gamme d'acteurs complémentaires sur le plan des métiers (agriculteurs, conseillers techniques, expérimentateurs et scientifiques : agronomes et parfois spécialistes en pathologie, entomologie) et sur le plan des filières dans lesquelles ils développent leur expertise (circuits longs d'expédition, vente directe, agriculture biologique ou production intégrée). Entre 2013 et 2017, sept ateliers multi-acteurs ont été organisés auxquels s'ajoutent trois visites d'échanges autour des parcelles avec différents acteurs extérieurs (séquences donnant lieu à une analyse des réactions et interrogations saisies sur le terrain, au-delà de « simples » visites d'essai).

Ces échanges permettent de réaliser l'exercice de co-conception, de co-évaluation chemin faisant de tout ou partie d'un ou plusieurs des systèmes de culture en test et d'identifier ensemble des pistes d'amélioration à intégrer si possible à l'expérimentation. Ainsi, l'atelier d'octobre 2016 (Figure 2) a visé l'analyse collective des résultats d'expérimentation et de caractérisation des 4 prototypes par les participants qui ont formulé leurs critères d'évaluation sur la culture de tomates en fonction d'un circuit ou de contraintes données. Des pistes pour les futures cultures de tomates de la succession ont également émergé.

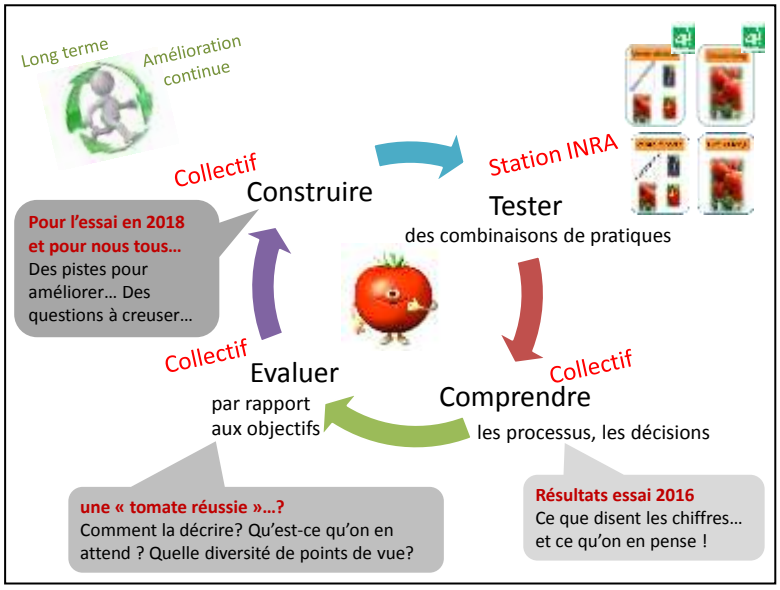

Figure 2 : Diapositive présentée en atelier à Alénya le 19/10/2016, atelier dédié à l'évaluation multicritère et à l'amélioration des systèmes 4SYSLEG sur la production de tomate testée dans la succession en 2016

2.3 Sorties agronomiques du projet

Pour chacune des quatre situations technico-commerciales étudiées, le projet 4SYSLEG a permis d'expliciter et de hiérarchiser les fonctions que le système de culture associé devait remplir. Ces fonctions-objectifs renvoient à la nature, la diversité et la qualité et la quantité de produits attendus, aux moyens mobilisables (quantité et types d'intrants, main d'œuvre) et aux effets visés des pratiques notamment sur la fertilité du sol ou sur l'entomofaune utile. Cette hiérarchie des fonctions visées constitue les principes à suivre pour choisir les modalités d'occupation du sol dans l'espace et le temps, les espèces, les types de cultures et variétés à implanter et les calendriers culturaux (Figure 3). Cela

rappelle les objectifs ambitieux de réduction des PPP et guide les modalités de pilotage et de gestion adaptative de la protection des cultures, mais aussi des autres opérations culturales (travail du sol, fertilisation et irrigation, conduite des plantes, modalité de récolte).

Les systèmes testés sont ainsi finement documentés depuis leur mise en place initiale en 2013 pour en faciliter l'évaluation en termes de faisabilité, de compatibilité des opérations et des performances agronomiques, environnementales et technico-économiques selon des critères explicites et a priori adaptés à une filière donnée. Ce sont ces données qui sont présentées notamment en ateliers et visites, et sur lesquelles les participants sont amenés à se questionner, discuter et apporter leur analyse croisée.

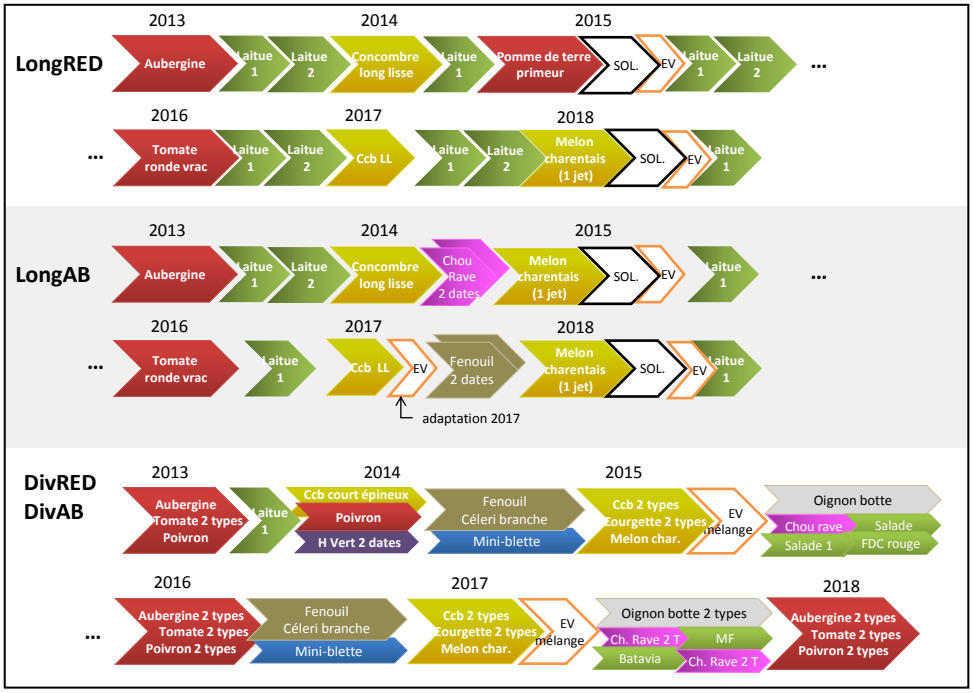

Figure 3 : frise de succession de cultures dans les systèmes de culture 4SYSLEG. La succession prévoit deux cycles triennaux en LongRED et LongAB avec une seule culture par parcelle à l'instant t et mobilise la solarisation (SOL) suivie d'un sorgho en engrais vert (EV) un été sur trois. Les systèmes DivRED et DivAB sont subdivisés en sous-parcelles et alternent hiver comme été, des associations de 3 espèces différentes. Un mélange d'engrais vert est semé après les cultures d'été au cycle relativement court en DivAB et DivRED (non solarisés).

3. Analyse transversale des deux projets

De l'expérience de ces deux projets, nous tirons plusieurs enseignements.

3.1 Les sorties des projets : des systèmes de culture documentés, évalués et mis en débat, mais plus encore…

Les deux projets ont certes permis de concevoir et d'évaluer pas à pas les performances de systèmes de culture agroécologiques répondant aux attentes des producteurs et à des enjeux de la filière, mais aussi d'approfondir les connaissances sur le fonctionnement écologique de ces systèmes (. Ils ont aussi été des moteurs d'interdisciplinarité entre chercheurs. Dans le projet GeDuNem, généticiens, pathologistes, nématologistes et agronomes ont produit ensemble de nouveaux objets (une interculture avec variété de piment résistant pour piéger les nématodes à galles du sol). Des trous de connaissances sur certains leviers agroécologiques ont été identifiés, ce qui ouvre de nouvelles questions de recherche, disciplinaires ou interdisciplinaires. Par exemple dans 4SYSLEG, autour des associations d'espèces ou encore sur la multi-dimension de la qualité de la tomate et du melon. Enfin,

les deux projets ont permis de nourrir la réflexion des professionnels en mettant en circulation des connaissances et des idées qui ont émergé chemin faisant lors des interactions en atelier. La démarche de co-conception est un outil qui peut être remobilisé dans les nouvelles démarches collectives et multi-partenaires soutenues par les pouvoirs publics, comme les dispositifs Ecophyto-fermes ou les Groupes opérationnels des PEI.

3.2 Le recours aux acteurs dans la démarche de conception

Ces deux projets ont mobilisé plusieurs catégories d'acteurs agricoles : conseillers, expérimentateurs, et agriculteurs. La mobilisation des maraîchers - utilisateurs centraux des résultats de ces processus de conception - est un challenge du fait de leur manque de disponibilité. Elle a pris des formes diverses dans les deux projets.

Dans le projet GeDuNem, le choix a été fait de ne pas les solliciter pour la conception en atelier mais de recueillir leurs connaissances en amont via des entretiens individuels, pour disposer d'une connaissance fine des exploitations de la région. Lorsque les prototypes ont été expérimentés dans 3 exploitations, chacun des agriculteurs a donné son point de vue sur le choix des espèces, des variétés, des dates de plantation… Il s'agissait pour le groupe de conception de respecter autant que possible leurs propositions tout en conservant les principes agroécologiques qui avaient prévalu pour la conception des prototypes. Ainsi, l'agriculteur pouvait remplacer la culture de mâche initialement prévue dans un des prototypes par une autre espèce, à condition qu'elle soit également non hôte des nématodes. Après mise en place du dispositif expérimental, c'est l'agriculteur qui pilotait les cultures au jour le jour, en concertation avec son conseiller technique, également membre du groupe de conception. Enfin, au terme de l'expérimentation-système, des enquêtes ont permis d'évaluer l'acceptabilité des prototypes par des agriculteurs de la région afin de repérer des points négatifs et des améliorations susceptibles de faciliter la dissémination des prototypes à large échelle (Furnion, 2014 ; Moulin, 2016). Néanmoins le recours à leurs connaissances ne remplace pas leur participation directe. Il en résulte un décalage partiel entre les exploitations-cibles de chaque prototype et les intérêts réels des agriculteurs (Furnion 2014 ; Navarrete et al., 2016).

Au contraire, dans le projet 4SYSLEG, la participation directe et continue d'agriculteurs proches de la station INRA est recherchée tout au long des 6 ans du projet. Leur connaissance, par définition située car ancrée dans leur expérience sur leur exploitation, est pensée en complémentarité des connaissances qu'apportent des conseillers agricoles de plusieurs régions, qui sont plus généralistes. Il a été recherché un panel diversifié d'agriculteurs et techniciens à même de témoigner des enjeux, des contraintes de systèmes inscrits en AB ou en production intégrée, en vente directe ou en expédition. Les connaissances des expérimentateurs de la station (également animateurs des ateliers) et de scientifiques extérieurs avaient vocation à apporter un éclairage sur les mécanismes biologiques notamment. Ces différentes expertises ont aidé à la construction de prototypes innovants en osant suggérer des pratiques en rupture. Ils ont aussi contribué à évaluer les systèmes de 4SYSLEG en apportant des éléments utiles au diagnostic agronomique et économique (situer la météo ou la pression sanitaire de la campagne par rapport à la variabilité interannuelle, rendre compte de l'état des marchés, faire écho à une situation observée en exploitation…) et en apportant leurs suggestions d'amélioration dans l'essai.

Mais constituer *de novo* un collectif hétérogène d'acteurs, stimuler leur intérêt pour la démarche et ainsi maintenir dans la durée les échanges réguliers reste un challenge de taille. Dans 4SYSLEG, en réponse à la variabilité des participations et parfois à la faible participation, en 2015 le collectif a été resserré et un formalisme récurrent aux ateliers a été adopté : les ateliers successifs suivent une trame analogue mais portent sur des thèmes « indépendants » les uns des autres. Au besoin, des rappels sont prévus en début de séance pour permettre l'implication de tous les participants. Dans GeDuNem, le conseiller technico-commercial a quitté le projet à mi-parcours et faute de remplacement, les questionnements à l'échelle de la filière n'ont pu être pris en compte à leur juste importance.

Enfin même si la démarche de mobilisation des acteurs et de leurs connaissances est continue tout au long des deux projets, l'exercice participatif s'est ici cantonné à une consultation voire de la collaboration pour certains objets et partenaires (Barreteau et al., 2010). Dans 4SYSLEG, le dispositif expérimental reste piloté par les scientifiques de la station qui suivent un cap donné (répondant notamment aux objectifs initiaux et aux attendus du financeur) et réalisent les choix de conduite en tenant compte (on non) des positions et savoirs ainsi captés au fil de l'expérimentation. Dans GeDuNem, la démarche étant soutenue par des financements issus de la Recherche, elle a pris des orientations spécifiques (cf l'expérimentation des seuls prototypes mobilisant des gènes de résistance). De plus, si des systèmes relativement faciles à mettre en œuvre ont été mis au point, d'autres relèvent plus de recherche prospective (Lechenet et al., 2017) car très en rupture avec les modes de production actuels.

3.3 Au-delà de l'expérimentation-système, une combinaison complexe de plusieurs dispositifs qui se reconfigure dans le temps du projet

Il n'existe pas une unique démarche de conception participative, mais des démarches modulées - parfois même en cours de projet - pour s'adapter au partenariat, aux moyens disponibles et à la nature des connaissances à intégrer pour concevoir et évaluer des systèmes innovants.

Dans le projet 4SYSLEG, il a été possible de concevoir, de mettre en œuvre en station expérimentale et de maintenir dans la durée un dispositif associant des scientifiques, des expérimentateurs et des acteurs non académiques et qui permette à la fois (i) de concevoir et d'évaluer pas à pas tout ou partie d'un ou plusieurs systèmes de culture potentiellement agroécologiques et répondant aux enjeux de la filière et (ii) de nourrir la réflexion des professionnels par la mise en circulation des connaissances et des idées produites et émergées chemin faisant lors des interactions entre acteurs. Cependant, certains sujets ou niveaux d'échelles utiles à la conception et à l'évaluation des prototypes ne pouvaient pas facilement être abordés dans ces ateliers avec le collectif stabilisé qui y participe. D'autres dispositifs d'investigation agronomique ont alors été ajoutés et combinés (Figure 4). Ainsi, pour mieux affiner les modalités de gestion d'une association de cultures pour les systèmes DivAB et DivRED, une traque aux innovations d'associations d'espèces maraîchères pratiquées par les agriculteurs pour gérer les bioagresseurs a été développée en région Occitanie et reliée aux résultats d'essai et aux ateliers (Salembier et al., soumis). Les expérimentateurs ont par ailleurs sollicité l'expertise de maraîchers locaux sur leur exploitation pour répondre à une question ponctuelle comme les critères d'écarts de tri à la récolte adopté en vente directe (pas de normes écrites). Des enquêtes stratifiées d'acteurs ont aussi été déployées pour actualiser les connaissances sur les stratégies technico-économiques des exploitations en circuits courts (Lesur-Dumoulin et Mérianne, 2016), pour préciser les critères de qualité attendus selon le circuit (Bertillot, 2016 ; Peligry, 2017) ou pour rendre compte des processus décisionnels aux niveaux tactiques et opérationnels pour le pilotage de la protection agroécologique en exploitation (Trouspance, 2016 ; Carriço, 2017).

Dans les deux projets, des expérimentations factorielles complémentaires ont permis d'affiner certains processus peu ou mal connus en dehors de l'essai système : déterminants techniques et agronomiques de la qualité de la tomate et du melon selon le circuit de commercialisation (projet en cours DIMABEL financé par le CIAB / INRA, avec des généticiens et écophysiologistes) ; dynamique d'occupation du sol par les racines du piment piège (Chapuis, 2013).

La conception, l'évaluation des systèmes expérimentés et parfois certains aspects du plan expérimental se nourrissent donc des résultats et échanges des ateliers et visites, de la traque aux pratiques innovantes et enquêtes, de la sollicitation d'experts et d'autres essais. Cette gamme de dispositif a par définition permis de mobiliser, voire d'impliquer, des acteurs nouveaux. Mais cela a également induit une démultiplication des efforts de recherche et d'organisation autour de la conception, dont seulement une partie est in fine « visible » dans les systèmes expérimentés en station. Cependant, cette stratégie ouverte de combinaison des manières d'interagir est en lui-même aussi un processus d'innovation

quant à la manière de produire et partager des connaissances agroécologiques en reliant scientifiques, expérimentateurs et professionnels agricoles autour d'une expérimentation en station.

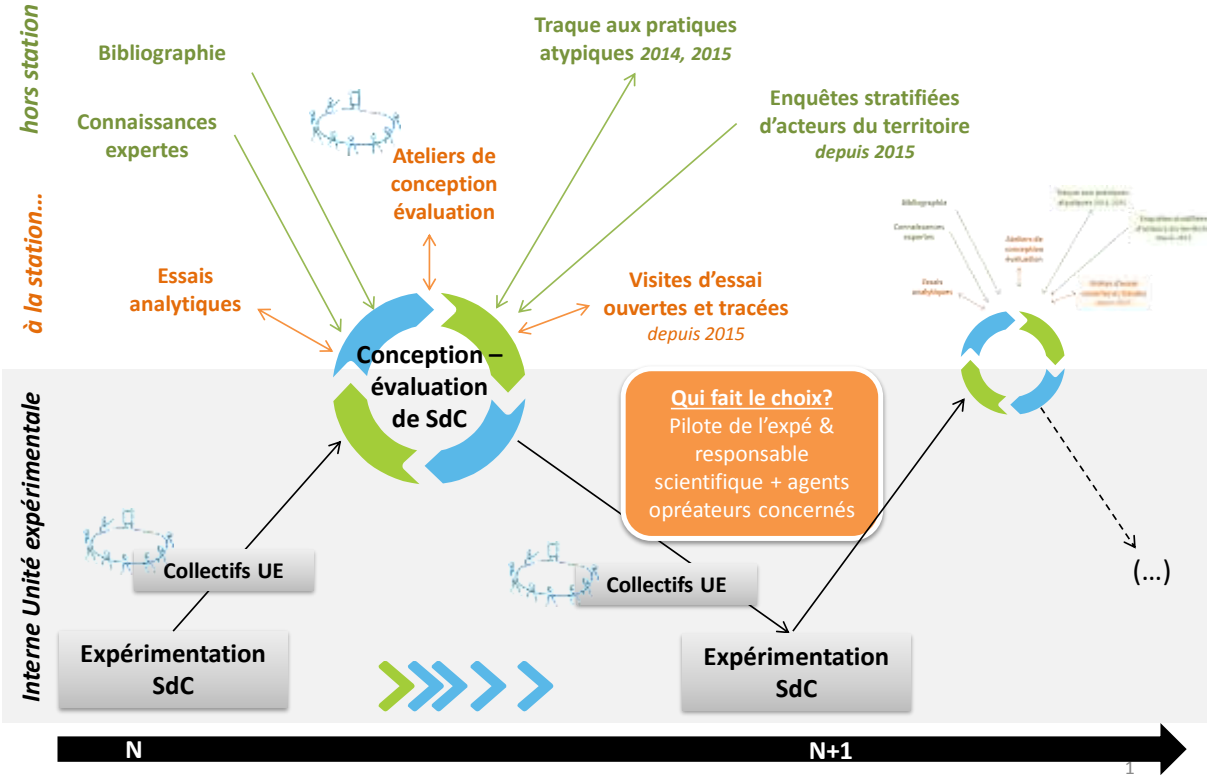

Figure 4 : représentation schématique du processus de conception pas à pas des systèmes expérimentés dans 4SYSLEG alliant expérimentation en station INRA d'Alénya et ateliers multi-acteurs. Les dispositifs de traque, d'enquêtes stratifiées et de « visites suivies » ont été ajoutés et amplifiés pour compléter au bout de 2 ans, les connaissances produites en expérimentation-système et en ateliers multi-acteurs.

Dans GeDuNem, la difficulté a été de maintenir la dynamique et la philosophie générale au fil des financements, avec des périodes où l'objectif général était maintenu (concevoir des systèmes de culture agroécologiques pour contrôler simultanément plusieurs bioagresseurs du sol) et d'autres où le collectif se focalisait sur une dimension particulière (la gestion de la durabilité de la résistance aux nématodes à galles), voire où le projet s'interrompait en l'absence de financement. Une autre difficulté est aussi d'arriver à tenir à la fois l'enjeu opérationnel généraliste (concevoir une gamme de solutions tenant compte de la diversité des exploitations de la zone d'étude) et l'enjeu d'approfondissement (évaluer finement un système de culture, dans une situation agricole et une exploitation donnée).

3.4 Nature des connaissances produites

Concevoir des systèmes agroécologiques pose la question du caractère situé des systèmes et donc de la nature des connaissances produites et de leur valorisation au-delà du projet.

Un premier questionnement porte sur **le niveau de précision voire d'anticipation qu'il convient d'avoir** quant aux dimensions stratégique, tactique et opérationnelle des nouveaux systèmes à tester : où s'arrêter dans la conception ? Quelle partie de la conduite du système doit être maîtrisée et évaluée afin de garantir au mieux que les mécanismes visés opèrent ?

Dans GeDuNem, les prototypes sont essentiellement des successions de cultures commerciales et d'intercultures ; les seuls éléments des itinéraires techniques décrits dès le stade de la conception sont ceux ayant un impact fort sur le contrôle des nématodes (espèces et variétés de l'engrais vert, densité

de plantation du piment piège, durée de culture minimale pour favoriser le piégeage…). Mais les modes de conduite des cultures ont été laissés à l'appréciation des agriculteurs et des conseillers au fil de l'expérimentation. De fait, les décisions de pilotage des cultures n'ont pas été discutées ni même tracées finement. On peut donc s'interroger sur le risque de perdre une partie de l'efficacité des stratégies conçues en atelier par de mauvais choix dans la gestion tactique et opérationnelle.

Dans 4SYSLEG, la gestion agroécologique du cortège de bioagresseurs repose sur une combinaison de leviers multi-niveaux (diversité botanique et génétique, association dans l'espace et/ou le temps de cultures et de plantes de service, stimulation de l'entomofaune utile indigène ou introduite, amélioration de la fertilité biologique des sols). Mais il s'agit également d'ajuster et d'argumenter, système par système, les modalités d'interventions en fonction des objectifs à atteindre sur les plans commerciaux, de charges opérationnelles et de temps et d'intrants consacrés à la parcelle. Dans une telle approche multi-cible, multi-factorielle et pluriannuelle, il est exclu d'anticiper toutes les situations potentielles et tous les effets potentiels des pratiques. Pour une même situation, les décisions prises, notamment d'ordre tactique ou opérationnel, ne seront pas analogues entre systèmes ; elles sont guidées par les fonctions prioritaires assignées à chaque système et stabilisées en début de projet. Par exemple, les systèmes DivAB et DivRED doivent assumer une production d'une diversité de produits selon les standards en vente directe et mobiliser le moins possible d'interventions en culture. La stratégie agronomique repose alors sur l'association systématique de 3 espèces cultivées si possible avec plusieurs cultivars par espèce, et de plantes de service pour favoriser les auxiliaires. Le pilotage « à l'économie » vise l'équilibre des populations, en acceptant des dégâts dès lors qu'ils ne remettent pas (trop) en cause la commercialisation du légume. Sur ces bases, les expérimentateurs prennent les décisions (choix des cultivars, calendrier de culture, introduction d'auxiliaires…) qu'ils tracent et argumentent pour pouvoir analyser cet ensemble au regard des performances obtenues.

Un deuxième questionnement porte sur le **degré de généricité des connaissances produites par une expérimentation-système centrée sur des mécanismes écologiques ou biologiques situés**. Les dispositifs expérimentaux des deux projets reposent sur un nombre très limité de sites, sans répétition des modalités testées. En rupture avec les pratiques classiques d'expérimentation, les expérimentateurs-système sont conduits à s'interroger sur les nouvelles manières d'évaluer ces systèmes agroécologiques complexes, par une analyse en réseau (Deytieux et al., 2012) ou en empruntant aux méthodes d'observation des écologues (Williams, 2011).

Enfin un dernier questionnement a trait à la **dissémination des connaissances produites.** Si l'on prend au sérieux le postulat de l'agroécologie que les régulations biologiques s'expriment à une échelle très locale, comment communiquer sur les sorties du projet sans dévoyer les principes agroécologiques? Des prototypes validés sur une situation expérimentale peuvent ne pas avoir le même comportement sur une autre situation. Comment évaluer ces risques ici économiques pour les producteurs et anticiper une possible perception très négative des prototypes ? Au final, il s'agirait donc de voir les prototypes comme des illustrations de la gamme des possibles et des modes de raisonnement, des sources d'inspiration pour d'autres agronomes, chercheurs et acteurs du terrain, plus que comme des recettes et des modalités de gestion clés en main. Mais un tel objectif demeure souvent une gageure car cela ne correspond pas pleinement aux formats et aux normes des résultats classiquement attendus par la communauté scientifique, ni à l'attente de références techniques du développement (Cardona et al., soumis). Dans le projet 4SYSLEG, les porteurs du projet mettent en avant l'intérêt de la démarche multi-acteurs pour penser les liens explicites entre les spécifications des filières et les systèmes de culture potentiellement innovants qui leur sont associés. Ils s'attachent également au recensement des décisions prises et surtout à leur argumentation. Ainsi, ils livrent un « témoignage d'expérience » sur la conduite de systèmes agroécologiques, montrant comment ils ont appris de la conduite au jour le jour de ces systèmes, à partir d'indicateurs mobilisés pour le pilotage de ces systèmes et leur évaluation. Ce type de démarche peut être interprétée comme une démarche de gestion adaptative (Foxon et al., 2009).

Dans 4SYSLEG, conception et expérimentation sont interactifs, les systèmes de culture étant adaptés au fur et à mesure de leur expérimentation et des apprentissages qui se produisent. Dans GeDuNem, il a été choisi de maintenir les systèmes de culture tels qu'ils avaient été conçus initialement, pour pouvoir évaluer les possibles effets cumulatifs des successions de culture et des techniques alternatives. Ce choix est très lié à l'objectif initial, contrôler les nématodes à galles, car une stabilité des pratiques dans le temps est nécessaire pour évaluer leur impact. Ces différences font écho à la diversité des façons d'expérimenter la protection des cultures en grandes cultures (Lechenet et al., 2016).

Conclusion et perspectives

L'analyse de ces deux projets permet de pointer deux tensions que rencontrent les porteurs de projets de conception innovante de systèmes agroécologiques, pour maintenir leur cohérence globale. La première source de tension vient du fait que ces dispositifs requièrent de la continuité et un temps long, ainsi qu'une approche multi-factorielle et souvent une révision des normes d'évaluation des systèmes au fil du temps ou encore des changements d'échelles d'analyse (agroécosystème, exploitation, filière et territoire…). Ces exigences sont souvent peu compatibles avec les formalismes de financement par projets de durée limitée et à enjeu thématique ciblé. Elles imposent de garder un cap ambitieux de rupture avec les systèmes connus alors que dans le même temps, les utilisateurs finaux expriment leurs attentes fortes pour des alternatives fiables et réalistes. En découle une seconde source de tension quant à la difficulté à mobiliser les acteurs autour de ces projets quand ceux-ci n'aboutissent pas nécessairement, et en tous les cas pas immédiatement, à des réponses techniques re-mobilisables en toutes circonstances. Cette étude réflexive conduite à l'échelle de deux projets mériterait d'être élargie et partagée avec les acteurs et d'autres porteurs de projet en maraîchage (notamment dans le cadre du GIS PICLeg) mais aussi avec d'autres secteurs de production (voir en système d'élevage : Meynard et Dourmad, 2014 ; en vergers : Simon et al., 2017), pour évaluer en quoi cela peut aider les concepteurs de systèmes agricoles innovants à être plus efficaces.

En perspective, il demeure un fort enjeu autour de la dissémination des prototypes, qui soulève des questions d'adaptation aux situations locales et d'apprentissage par les agriculteurs. Comment la recherche et le développement peuvent à la fois s'impliquer dans les projets de conception-évaluation de systèmes et également repérer et accompagner leur appropriation et leur adaptation par les agriculteurs sur le temps long ? Pour documenter chemin faisant les freins et leviers et accroitre la crédibilité des prototypes, les dispositifs de Fermes Ecophyto et les Groupes Opérationnels du PEI Agri sont probablement des lieux privilégiés, à condition toutefois de se donner les moyens de tracer finement et d'analyser les changements effectifs.

Remerciements

Les auteurs remercient les partenaires et contributeurs aux projets GeDuNem et 4SYSLEG qui par les échanges au cours des projets, ont alimenté la réflexion de cet article, et plus largement tous les professionnels agricoles qui ont permis la réalisation de ces études.

Références bibliographiques

Ade C., Trottin Y., Clerc H., Goillon C., Lefèvre A., Parès L., Védie H., 2016. Dans les systèmes maraîchers sous abri le projet GEDUBAT visant les bioagresseurs du sol. Infos Ctifl 320, 51-60.

Barreteau O., Bots P.W.G., Daniell K.A., 2010. A framework for clarifying "participation" in participatory research to prevent its rejection for the wrong reasons. Ecology and Society 15(2):1

Bertillot L., 2016. Evaluation multicritère des performances de systèmes maraîchers : le cas des enjeux de qualité. Mémoire d'ingénieur AgroParisTech. 45 pp + annexes.

Carriço E., 2017. Caractérisation des processus décisionnels relatifs à la protection agroécologique des cultures à un niveau tactique et opérationnel. Étude de la gestion des bioagresseurs aériens des cultures d'été sous abris par cinq maraîchères et maraîchers du Roussillon. Mémoire d'ingénieur AgroParisTech. 45pp + annexes

Chapuis M., 2013. Suivi et évaluation de l'efficacité d'une culture de piment résistants aux nématodes utilisée comme engrais verts nématicide. Mémoire d'ingénieur AgroParisTech. 71 p.

David C., Wezel A., Bellon S., Doré T., Malézieux E., 2011. Les mots de l'agronomie – Agroécologie http://mots-agronomie.inra.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Agro%C3%A9cologie.

Deytieux V., Vivier C., Minette S., Nolot J-M., Piaud S., Schaub A., Lande N., Petit M-S., Reau R., Fourrié L., Fontaine L., 2012. Expérimentation de systèmes de culture innovants : avancées méthodologiques et mise en réseau opérationnelle. Innovations Agronomiques 20, 49-78.

Djian-Caporalino C., 2010. Nématodes à galles, des ravageurs de plus en plus préoccupants. Résultat de 3 ans d'enquêtes dans 15 régions françaises. Phytoma Défense des Végétaux 638, 43-49.

Djian-Caporalino C., Fazari A., Marteu N., Navarrete M., Dufils A., Tchamitchian M., Furnion C., Lefèvre A., Pares L., Mateille T., Tavoillot J., Palloix A., Sage-Palloix A-M., Védie H., Goillon C., Forest I., Castagnone-Sereno P., 2015. Le projet GeDuNem : innovations techniques et variétales pour une gestion durable et intégrée des nématodes à galles dans les systèmes maraîchers sous abris. AFPP, 5ème conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des plantes, Lille, 11-13/03/2015, 10p

Doré T., Makowski D., Malézieux E., Munier-Jolain N., Tchamitchian M., Tittonell P., 2011. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy : Revisiting methods, concept and knowledge. European Journal of Agronomy 34, 197–210.

Foxon T., Reed M., Stringer L., 2009. Governing long-term social-ecological change : what can the adaptive management and transition management approaches learn from each other ? Environmental Policy and Governance 19, 3-20.

Furnion C., 2014. Assessing the acceptability of alternative cropping systems limiting the pressure of root-knot nematodes. A case study with market gardeners of South-Eastern France, Mémoire d'ingénieur ISARA/Univ. Wageningen, 66p

Girard N., 2014. Quels sont les nouveaux enjeux de gestion des connaissances? L'exemple de la transition écologique des systèmes agricoles. Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels 19, 51-78.

Goillon C., Mateille T., Tavoillot J., Marteu N., Fazari A, Djian-Caporalino C., 2016. Utiliser le sorgho pour lutter contre les nématodes à galles. Phytoma 698, 39-44

Hill S., McRae R., 1995. Conceptual frameworks for the transition from conventional to sustainable agriculture. J. Sustain. Agric. 7, 81-87.

Launais M., Bzdrenga L., Estorgues V., Faloya V., Jeannequin B., Lheureux S., Nivet L., Scherrer B., Sinoir N., Szilvasi S., Taussig C., Terrentroy A., Trottin-Caudal Y., Villeneuve F., 2014. Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques, Ministère de l'Agriculture, Onema, GIS PICLég 178p.

Le Bellec F., Rajaud A., Ozier-Lafontaine H., Bockstaller C., Malezieux E., 2012. Evidence for farmers' active involvement in co-designing citrus cropping systems using an improved participatory method. Agron. Sustain. Dev. 32, 703-714.

Lechenet M., Deytieux V., Antichi D., Aubertot J.N., Bàrberi P., Bertrand M., Cellier V., Charles R., Colnenne-David C., Dachbrodt-Saaydeh S., Debaeke P., Doré T., Farcy P., Fernandez-Quintanilla C., Grandeau G., Hawes C., Jouy L., Justes E., Kierzek R., Kudsk P., Lamichhane J., Lescourret F., Mazzoncini M., Melander B., Messéan A., Moonen A-C., Newton A-C., Nolot J-M., Panozzo S., Retaureau P., Sattin M., Schwarz J., Toqué C., Vasileiadis V-P., Munier-Jolain N., 2016. Diversity of methodologies to experiment Integrated Pest Management in arable cropping systems: Analysis and reflections based on a European network. European Journal of Agronomy,

Lesur-Dumoulin C., Mérianne H., 2016. Long-term sustainability assessment of market-gardening farms involved in short supply chains: a case study in South of France. 12th European IFSA Symposium, 12-15 July 2016, Harper Adams University, UK.

Meynard J.M., Dedieu B., Bos A.P., 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices, In: Darnhofer, Gibon and Dedieu (Eds), Farming Systems Research into the 21st century: The new dynamic, Springer, 407-432

Meynard J.M., Dourmad J.-Y., 2014. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. INRA Productions Animales, 27 (2), 77-88.

Moulin L., 2016. Evaluer l'acceptabilité par les agriculteurs de systèmes de culture innovants. Cas d'innovations agroécologiques en production maraîchère sous abris, Mémoire d'ingénieur ISA Lille

Navarrete M., Djian-Caporalino C., Mateille T., Palloix A., Sage-Palloix A.-M., Lefèvre A., Fazari A., Marteu N., Tavoillot J., Dufils A., Furnion C., Pares L., Forest I., 2016. A resistant pepper used as a trap cover crop in vegetable production strongly decreases root-knot nematode infestation in soil. Agronomy for Sustainable Development 36, 11 p

Peligry C., 2017. Évaluation multicritère et analyse de l'élaboration de la qualité de tomates issues de systèmes maraîchers en production intégrée et en Agriculture Biologique - Application aux systèmes de pleine terre sous abris froids du Roussillon. Mémoire d'ingénieur AgroParisTech. 45pp + annexes

Pretty J.N., 1995. Participatory Learning For Sustainable Agriculture. World Dev. 23, 1247–1263.

Reau R., Monnot L.A., Schaub A., Munier-Jolain N., Pambou I., Bockstaller C., Cariolle M., Chabert A., Dumans P., 2012. Les ateliers de conception de systèmes de culture pour construire, évaluer et identifier des prototypes prometteurs, Innovations Agronomiques 20, 5-33

Schut M., Rodenburg J., Klerkx L., van Ast A., Bastiaans L., 2014. Systems approaches to innovation in crop protection. A systematic literature review. Crop Prot, 56, 98-108.

Simon S., Lesueur-Jannoyer M., Plenet D., Lauri P-E., Le Bellec F., 2017. Methodology to Design Agroecological Orchards: Learnings from on-Station and on-Farm Experiences. European Journal of Agronomy 82 (January 2017): 320–30.

Tchamitchian M., Collange B., Navarrete M., Peyre G., 2009. Multicriteria evaluation of the pathological resilience of in-soil protected cropping systems. Acta Horticulturae 893, 1239-1246, 10.17660/ActaHortic.2011.893.145

Trouspance Y., 2016. Caractérisation des logiques de pratiques des maraîchers en lien avec la santé des plantes à l'échelle de l'itinéraire technique de trois cultures d'été sous abri : le concombre, le melon et l'aubergine. Mémoire d'ingénieur Agrocampus Ouest, 31 pp + annexes.

Vereijken P., 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. European Journal of Agronomy 7, 235-250.

Williams B.K., 2011. Adaptive management of natural resources-framework and issues. Journal of Environmental Management 92, 1346-1353

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

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 », la date de sa publication, et son URL).