

**Séminaire du 06 Novembre 2013**  
**INRA Gothenon**

## **Méthodologie de l'approche système en arboriculture fruitière**



**Partage  
d'expériences**



**Coordination**

**S. Simon, D. Plénet, A. Alaphilippe, P. Guillermin**

Séminaire du 06 Novembre 2013

INRA Gotheron

## Méthodologie de l'approche système en arboriculture fruitière Partage d'expériences

Avec la participation de

Laurence **ALBERT** (IFPC), Philippe **BLANC** (SERFEL), Amandine **BOUBENNEC** (Ctifl), Johanna **BRENNER** (GRAB Rhône-Alpes), Sophie **BULEON** (Chambre d'Agriculture 07), Claude **BUSSI** (INRA Gotheron), Sylvie **CARRIE** (INRA Bordeaux), Laurie **CASTEL** (Chambre d'Agriculture 26), Céline **CHARLES** (Raison'Alpes), Marie **CHARREYRON** (Station Expérimentale La Pugère), Emilie **CLAVEL** (SRAL), Sylvie **COLLEU** (INRA Paris / GIS Fruits), Simon **CORDIER** (Ardepi), Virginie **DEKEUKELEIRE** (Coopérative Dauphinoise), Françoise **DOSBA** (SupAgro Montpellier / GIS Fruits), Arnaud **DUFILS** (INRA Avignon Ecodéveloppement), Emeric **EMONET** (Réseau DEPHY Ecophyto animateur EXPE / ACTA), Mathilde **FACY** (Lycée EPLEFPA Valentin), Guillaume **FICHEPOIL** (Lycée EPLEFPA Valentin), Alain **GARCIN** (Ctifl / expert arbo. CAN DEPHY Ecophyto), François **GAZEL** (INRA Bordeaux), Yann **GILLES** (IFPC), Thierry **GIRARD** (INRA Gotheron), Christophe **GROS** (INRA Gotheron), Anne **GUERIN** (IFPC), Olivier **GUIBERT** (INRA Gotheron), Christian **HILAIRE** (Ctifl), Eric **HOSTALNOU** (Chambre d'Agriculture 66), Baptiste **LABEYRIE** (Ctifl / SEFRA), Eva **LAGET** (INRA Avignon PSH), Maude **LECORRE** (Invenio), Bruno **LOQUET** (Ctifl), Vincent **MERCIER** (INRA Gotheron), Franck **MERLIN** (INRA Gotheron), Muriel **MILLAN** (Ctifl), Fleur **MOIROT** (Agribiodrôme), Dominique **MONTY** (INRA Bordeaux), Christophe **MOUIREN** (GR CETA Basse-Durance), Jean-Michel **NAVARRO** (ADABIO), Marie **NICOLAY** (GABB Anjou), Guy **OLLIER** (Ets Perret), Cécile **PAYEN** (DRAF Rhône-Alpes / SRAL Protection des Végétaux), Armelle **PERRI** (GR CETA Basse-Durance), Audrey **PIFFADY-DURIEUX** (GR CETA Basse-Durance), Christian **PINET** (SERFEL), Dominique **RIOTORD** (INRA Gotheron), Julien **RONZON** (GRAB), Simon **RUZAND** (INRA Gotheron), Chloé **SALEMBIER** (INRA Alénia), Marie-Christine **SIMON** (DRAF Rhône-Alpes), Patrice **SAUSSAC** (CFPPA Ferme Olivier de Serres Le Pradel), Sophie **STEVENIN** (Chambre d'Agriculture 26), Alice **VELU** (INRA Gotheron), François **WARLOP** (GRAB), Nicolas **ZANARDO** (Coopérative Dauphinoise), Franziska **ZAVAGLI** (Ctifl)

Coordination

Sylvaine **SIMON**<sup>1</sup>, Daniel **PLENET**<sup>2</sup>, Aude **ALAPHILIPPE**<sup>1</sup>, Pascale **GUILLERMIN**<sup>3</sup>

*Les 'expérimentateurs système' ont leur nom souligné.*

*Contact des responsables de programmes d'expérimentations système : voir fin de document.*

<sup>1</sup> INRA, UE695 Recherche Intégrée, Gotheron, 26320 Saint-Marcel-lès-Valence ([Sylvaine.Simon@avignon.inra.fr](mailto:Sylvaine.Simon@avignon.inra.fr) ; [Aude.Alaphilippe@avignon.inra.fr](mailto:Aude.Alaphilippe@avignon.inra.fr))

<sup>2</sup> INRA, UR1115 Plantes et Systèmes Horticoles, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 09 ([Daniel.Plenet@avignon.inra.fr](mailto:Daniel.Plenet@avignon.inra.fr))

<sup>3</sup> Agrocampus Ouest, CFR d'Angers, rue Le Nôtre, 49045 Angers Cedex 01 ([Pascale.Guillermin@agrocampus-ouest.fr](mailto:Pascale.Guillermin@agrocampus-ouest.fr))

Octobre 2014, Edition INRA

## Pourquoi ce document ?

*Ce document est une synthèse des échanges et des informations collectées ou présentées dans le cadre du séminaire du 6 novembre 2013 sur le thème « Méthodologie de l'approche système en arboriculture fruitière. Partage d'expériences », organisé à l'INRA Gotheron dans le cadre du programme d'expérimentation Ecophyto EXPE 'BioREco' et en lien avec les partenaires du GIS Fruits. Il se veut un état des lieux de la réflexion autour des expérimentations système en arboriculture et des connaissances qui en sont issues, en lien avec les développements méthodologiques présentés lors de la journée.*

## Qu'y-a-t-il dans ce document ?

La réduction de l'utilisation des intrants : un enjeu majeur en arboriculture fruitière ...à aborder sous différents angles ?	p. 2
I. Tour d'horizon des expériences en cours et spécificités de l'arboriculture	p. 4
II. Cadre méthodologique de conception et de formalisation des règles de décision en arboriculture	p. 10
III. Vers un changement de paradigme Innover, c'est accepter, pour chaque acteur, de changer ses perspectives, ses représentations et ses pratiques	p. 17
L'approche système en arboriculture pour la création et l'évaluation de systèmes vergers multi-performants : une dynamique riche, multiforme, encore en développement...	p. 19
Pour en savoir plus...	p. 20

## La réduction de l'utilisation des intrants : un enjeu majeur en arboriculture fruitière...

La production fruitière est très dépendante de l'utilisation des intrants, et plus particulièrement des pesticides [1] [2] :

- la pérennité de la plante-hôte permet le maintien de certains bio-agresseurs dans la parcelle d'une année sur l'autre
- la durée de la période de risque est souvent longue, 6 à 8 mois par exemple, entre le début de végétation et la récolte pour le pommier
- la demande du marché de fruits frais, qui sont principalement rémunérés en fonction de leur aspect visuel ('zéro défaut') et, selon les espèces, de leur calibre, incite les producteurs à minimiser leurs risques par des pratiques de protection pouvant être assez intensives
- la sélection variétale a longtemps privilégié des critères de sélection autres que la 'rusticité' ou la résistance à un complexe de bio-agresseurs...

➤ Il y a donc un réel besoin d'innovation pour répondre à cet enjeu de réduction de l'utilisation des intrants et des pesticides, qui renvoie par ailleurs à d'autres enjeux généraux, d'ordre environnemental (préservation des ressources naturelles, de la biodiversité...) ou socio-économique (autonomie et durabilité des exploitations agricoles et donc de la production fruitière française).

### ... à aborder sous différents angles ?

Les travaux sur la réduction de l'utilisation des pesticides et/ou la diminution des impacts environnementaux liés à leur utilisation ne sont pas récents. Dès les débuts de la lutte intégrée puis avec la **Protection Fruitière Intégrée (PFI)** (années 1970-1980 en France), la qualification de l'écotoxicité des pesticides a permis de les classer pour privilégier les moins toxiques dans les choix d'intervention.

Entre les années 1990 et 2000, des **produits ou méthodes alternatifs** à la lutte chimique ont été développés (produits microbiologiques, lutte par confusion sexuelle...), ainsi que de nouveaux matériels ou techniques de pulvérisation, ou encore des modèles de prévision du risque de dommages, visant à améliorer l'efficacité d'utilisation des pesticides.

A partir des années 2000, les **pratiques culturales** (fertilisation, irrigation, conduite de l'arbre...) susceptibles d'agir sur les relations arbres-bioagresseurs (ravageurs, maladies...) et de limiter l'impact ou le développement de ces derniers, ont fait l'objet de travaux d'expérimentation : relations entre la 'vigueur' végétative et l'aération de la canopée, modulées par les pratiques d'irrigation, de fertilisation et/ou de taille, et certaines attaques de bio-agresseurs (ex. monilia [3] et puceron [4] sur pêcher). Plus récemment encore, le renforcement des recherches sur les stimulateurs de défense naturels (SDN) ouvrent d'autres voies possibles d'innovation.

Parallèlement à ces avancées, d'autres techniques et préconisations se sont développées pour maintenir la **compétitivité économique des vergers** et la **survie des exploitations** face aux exigences croissantes des marchés. Ces orientations concernent la standardisation des types de fruits, la densification des vergers pour entrer rapidement en production, la nécessité d'une maîtrise des temps de travaux au détriment de certaines méthodes de prophylaxie... qui ont contribué à un modèle de verger relativement favorable au développement des bio-agresseurs.

Dans la plupart de ces études, des méthodes expérimentales classiques, que nous qualifions de factorielles\*, ont été mobilisées. Elles visent à identifier l'effet d'un ou deux facteurs sur les variables étudiées, comparativement à un témoin et dans un contexte expérimental considéré comme homogène et prédéfini. Les résultats acquis dans ce cadre apportent en général une réponse précise à la question posée par rapport à l'objectif visé : par exemple, dans le contexte de la parcelle expérimentale, peut-on réduire la pression de tel ravageur ou maladie par telle pratique ?

La mise en œuvre et l'évaluation d'un ensemble cohérent de méthodes, combinées en fonction d'objectifs fixés, constituent une approche 'système' ('expérimentation système\*'), de développement récent en arboriculture par rapport à d'autres filières. En effet, si des approches globales d'expérimentation (ex. vergers PFI, AB...) ont été développées en station expérimentale dès les années 1990, leur formalisation (ex. objectifs spécifiques, règles de pilotage...) est plus récente en verger. En partie impulsée par l'objectif de réduction de l'utilisation des pesticides du plan national Ecophyto, l'approche système tente de mieux répondre aux besoins :

- de considérer la complexité du verger
- de prendre en compte les interactions entre pratiques et l'effet de combinaisons de méthodes
- de changer d'échelle spatio-temporelle (évaluation dans la durée, en 'grandes' parcelles...).

Si la formalisation de l'approche système dans d'autres filières (ex. cultures assolées) a permis de dégager un premier cadre conceptuel global, de nombreuses interrogations demeurent. Elles concernent à la fois 'l'amont' des expérimentations (ex. quels niveaux de complexité et quelles dimensions spatio-temporelles est-il utile de considérer ?) et leur 'aval', en termes d'analyse des données, de généralité\* des résultats ou encore de possibilités de transfert. En arboriculture, le développement de ces approches est encore plus récent, et le recul moindre, avec des spécificités de la production fruitière pointées ci-dessus qui demandent de revisiter ce cadre conceptuel global.

#### (QUELQUES UNES DES) QUESTIONS SOULEVEES PAR L'APPROCHE SYSTEME EN ARBORICULTURE

##### ➤ Qu'est-ce qu'un 'système verger' ?

Si le système de culture\* est défini pour les cultures assolées comme l' « ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles gérées de manière identique » (Sébillote, 1975), qu'en est-il en arboriculture fruitière ?

##### ➤ Comment décrire et formaliser les principales étapes de l'approche système ?

Quels sont les objectifs et le contexte ? Quelles conceptions, expérimentation et évaluation du 'système verger' tout au long de ses phases de vie (verger jeune, puis en production) ?

##### ➤ Quels types de connaissances sont produits par ces expérimentations systèmes ?

Par qui ces connaissances sont-elles appropriables ? Comment ? Sous quelle forme ?

##### ➤ Le développement d'approches système conduit-il à de nouvelles interactions au sein de la filière ?

Quels acteurs de la filière sont associés à la conception et à l'évaluation d'expérimentations système ? Pour quels échanges autour de l'expérimentation système ?

*L'objectif du séminaire du 06 novembre et de ce document est de partager les expériences autour des approches systèmes actuellement développées en arboriculture, de les analyser en regard du cadre générique de l'approche système formalisé pour d'autres productions et d'aborder la question de la mobilisation des enseignements de ces approches système.*

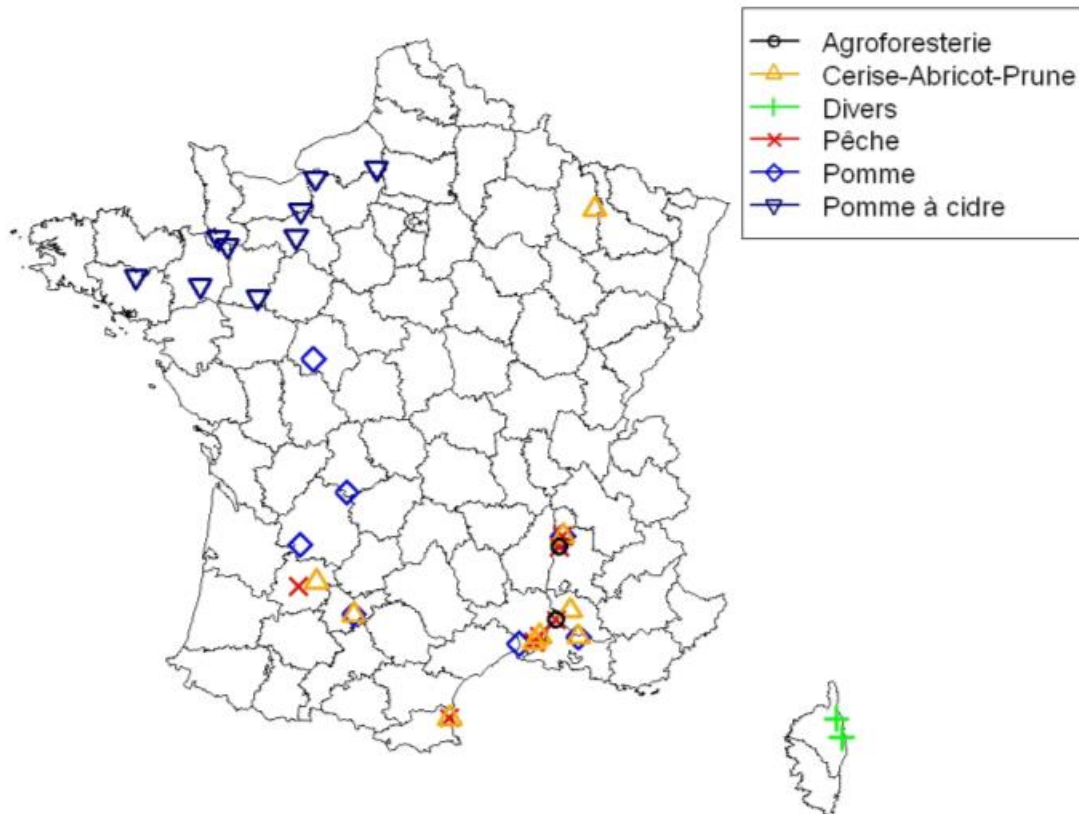
\* Voir glossaire p. 21

## I. Tour d'horizon des expériences et spécificités de l'arboriculture fruitière

Les données présentées sont issues des questionnaires retournés par les responsables d'essais (questions ouvertes) en amont de la journée et des échanges lors du séminaire.

### 1. Des expériences diverses

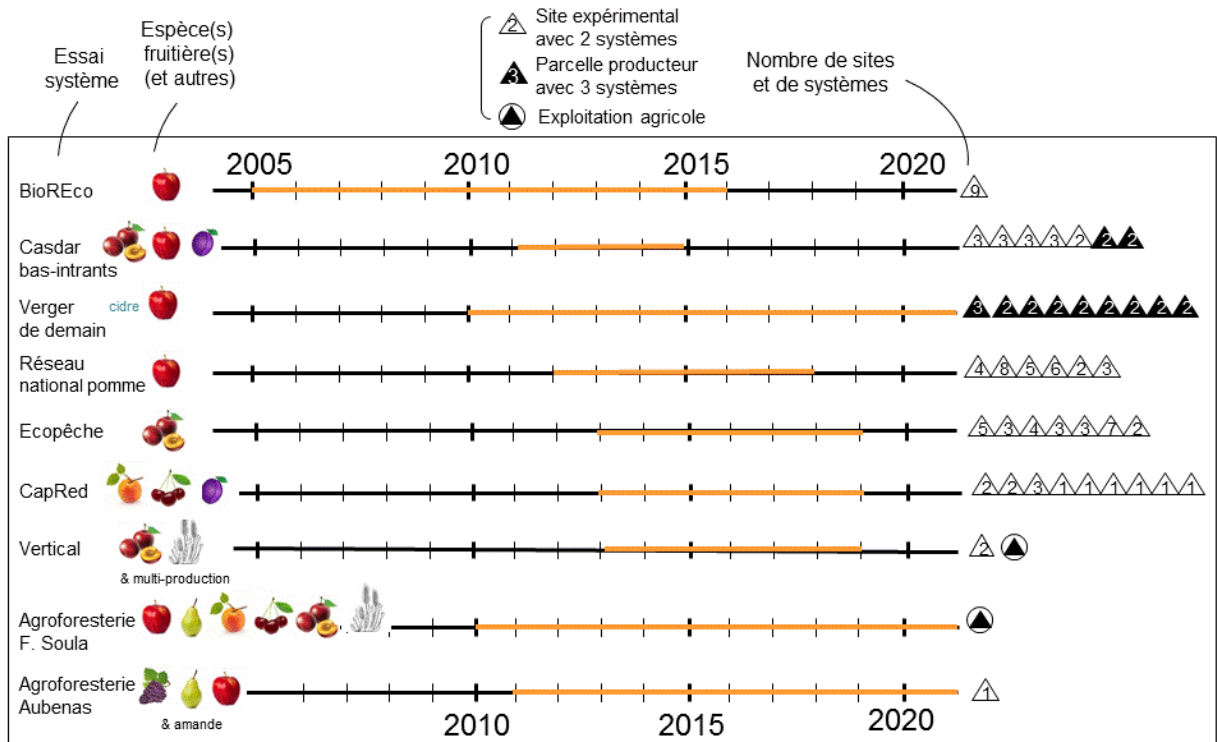
- ✓ Diversité des localisations



Huit programmes d'expérimentations système mono- ou multi-sites décrits par les participants ont servi de base au travail d'analyse collective ; ils recouvrent la majorité des expérimentations système actuelles en arboriculture fruitière en France, à l'exception de l'expérimentation vigne-agrumes de Corse (coord. AREFLEC) et de l'expérimentation multi-espèces fruitières de la Castelette (coord. GRAB Avignon). Ces 8 programmes correspondent à 36 sites d'implantation d'essais.

- ✓ Diversité des expérimentations système en arboriculture fruitière

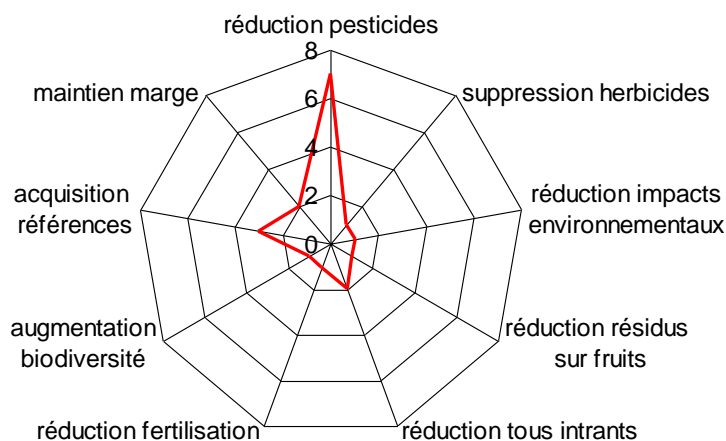
- Les expérimentations système analysées présentent différents niveaux de développement : elles sont en cours de construction, récentes ou plus anciennes, mais se développent toutes sur des durées supérieures à 5 ans.
- Ces expérimentations système sont mono- ou multi-sites (1 à 9 sites par programme), de surface variable et avec plus ou moins de systèmes expérimentés (1 à 9 systèmes par site).
- Les espèces fruitières représentées couvrent une large gamme : fruits à pépins, à noyaux et autres cultures dont vigne et cultures assolées.



La durée annoncée (trait orange) concerne le dispositif dans sa configuration actuelle : certaines parcelles ont pu être implantées avant le début du projet, et d'autres parcelles seront maintenues après la fin du projet. Certaines expérimentations sont identifiées 'exploitation agricole' car elles se développent à l'échelle de plusieurs parcelles en interaction et/ou de l'exploitation agricole. Le projet 'Casdar Bas-intrants', dont la majorité des expérimentations système fait dorénavant partie d'autres programmes présentés ci-après, n'est pas repris dans les descriptions suivantes.

### ✓ Diversité des objectifs associés à la réduction de l'utilisation des pesticides

Les principaux objectifs cités pour les 8 programmes d'expérimentations système (question ouverte, plusieurs réponses possibles) sont centrés sur la réduction de l'utilisation des pesticides ou, plus largement, des intrants.





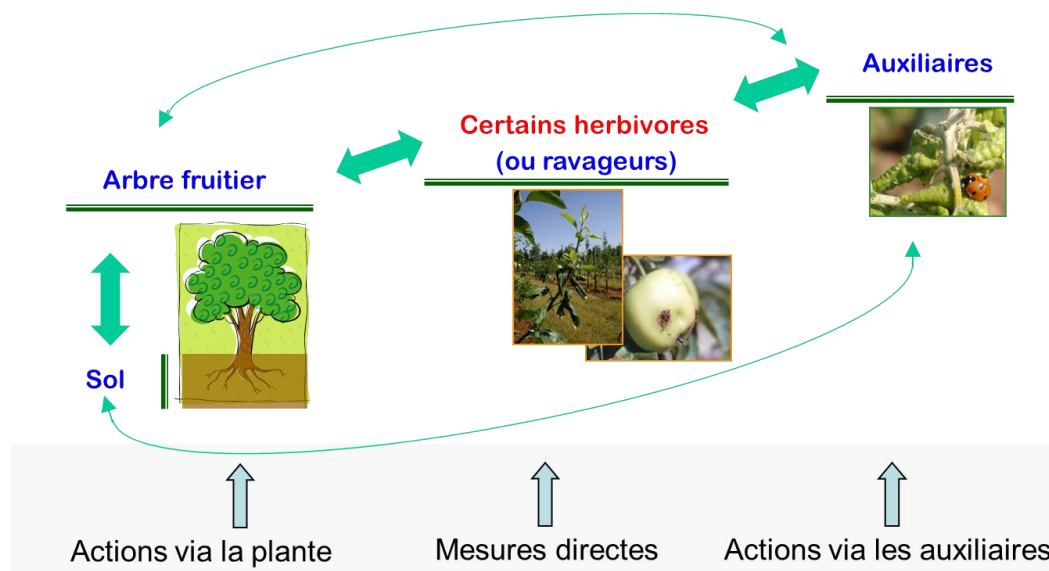
✓ Diversité des leviers\* d'action mobilisés pour réduire l'utilisation des pesticides

Le nombre de leviers mobilisés est plus ou moins important, et leur nature variée, avec des 'incontournables' tels que la mise en œuvre de méthodes alternatives (ex. désherbage mécanique, confusion sexuelle, lutte microbiologique...) ou encore l'utilisation d'outils d'aide à la décision.

	BioREco	Verger demain	Réseau national pomme	Ecopêche	CapRed	Vertical	Agrof. F. Soula	Agrof. Aubenas	% mobilisation du levier
Méthodes alternatives	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
OAD, évaluation du risque	X	X	X	X	X	X	X	X	
Choix des produits	X	X	X	X	X	X	X	X	
Biodiversité (IAE)		X	X	X	X	X		X	
Faible sensibilité matériel végétal	X	X	X	X	X		X		
Entretien du sol		X	X	X	X	X	X		
Prise de risques	X	X	X	X	X	X			
Architecture de l'arbre	X	X		X	X			X	
Densité de plantation	X	X		X	X		X		
Mélange variétés et/ou espèces		X				X	X	X	50%
Fertilisation		X		X	X			X	
Cultures associées						X	X	X	
Filets/bâches			X		X				
Qualité/quantité pulvérisation			X		X				
Irrigation				X	X				
Animaux		X							

Leviers cités et niveau de déploiement dans les 8 expérimentations système analysées. OAD : Outil d'Aide à la Décision ; IAE : Infrastructure Agro-écologique. Pour les dispositifs en multi-sites, la mobilisation ne concerne pas forcément tous les sites.

➤ La nature des leviers mobilisés et les processus qu'ils impliquent diffèrent également : certains ont une action directe sur les ravageurs et maladies (ex. méthodes alternatives à la protection chimique), d'autres ont une action via la plante (fertilisation, architecture de l'arbre...), via les auxiliaires (biodiversité) ou encore en modifiant les conditions de milieu (climat, concurrence), que ce soit par des éléments 'structuraux' du verger (densité d'arbres, bâches) ou les méthodes culturales. Certains leviers, plus complexes, mettent en jeu un ensemble de processus en vue d'atteindre les objectifs fixés (cultures associées : effets barrière/dilution vis-à-vis des bio-agresseurs, maintien des auxiliaires).





## 2. Une diversité d'expérimentations mais une 'communauté de pensée' pour l'approche développée

### ✓ Un questionnement partagé

Derrière l'apparente diversité et multiplicité des leviers d'action mobilisés, le point commun de ces expérimentations est l'intérêt porté à l'optimisation et à la cohérence des combinaisons entre ces différents leviers, et donc à leurs interactions, parfois identifiées a posteriori. Cette démarche, centrée sur la recombinaison de techniques, pose 3 types de questions au cœur du développement méthodologique généré par l'approche système.

(QUELQUES UNES DES) QUESTIONS METHODOLOGIQUES LIEES AUX EXPERIMENTATIONS SYSTEME

#### (1) Comment optimiser le choix des combinaisons à tester ?

Quand on étudie simultanément plusieurs facteurs, chaque facteur ayant lui-même plusieurs modalités, il faut faire des choix, souvent réalisés de façon empirique. Comment optimiser ces choix ? Qui participe à ces choix pour permettre de profiter de l'expertise de différents acteurs ? Comment intégrer ces choix dans un ensemble cohérent ?

#### (2) Comment qualifier, décrire ces nouveaux systèmes qui devront constituer une sorte de référence au moment du transfert des résultats ?

Dans ce cadre, c'est le fonctionnement global et intégré du verger qu'il est nécessaire de qualifier, à savoir un contexte et un ensemble de processus qui vont s'enchaîner dans le temps. Ainsi, la 'simple' description des modalités de départ, classique au sein d'un protocole d'expérimentation analytique, ne suffit plus : l'écriture de règles de décision\* constitue une étape indispensable des approches système pour refléter l'ensemble des éléments et raisonnements qui permettent les prises de décision. Ces règles visent donc à traduire le système décisionnel\* qui permet le pilotage d'un système verger donné.

#### (3) Comment évaluer -voire comparer entre elles- ces différentes combinaisons testées (et comment gagner en généricité) pour permettre à la fois de produire des connaissances scientifiques et de transférer les résultats acquis à un autre contexte de production ?

Il s'agira tout d'abord de vérifier la faisabilité du système par rapport au jeu de contraintes qu'on lui assigne au départ, c'est-à-dire d'analyser un éventuel écart entre l'objectif fixé et réalisé [5]. Le questionnement sur l'évaluation proprement dite donne lieu à la création et au développement d'indicateurs qui ne font pas l'objet de ce document. Néanmoins, la question des indicateurs à mobiliser et des connaissances à produire interrogent, dès la conception des systèmes, la liste des variables à mesurer lors du suivi des systèmes, incluant des descripteurs du contexte et des conditions de mise en œuvre du système expérimenté.

### ✓ Une définition de l'expérimentation système partagée par différentes filières...

Ces approches communes caractéristiques de ces nouveaux modes d'expérimentation permettent de proposer une définition de l'expérimentation système : « A la différence de l'expérimentation factorielle, où on compare des variantes techniques élémentaires, on cherche dans l'expérimentation « système » à évaluer des systèmes de culture ou d'élevage, c'est-à-dire des ensembles cohérents de choix techniques. Le protocole expérimental ne définit pas des modalités d'intervention précises (date, dose, outil), que l'on serait amené à comparer entre elles, mais des règles de décision, qui permettent d'adapter les choix techniques successifs aux événements climatiques et à l'évolution de l'état des cultures ou du troupeau. » (Meynard [6]).

### 3. Des spécificités de l'arboriculture très présentes

En arboriculture, le système de culture se définit certes toujours par 'l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles gérées de manière identique' mais se décline plus précisément par la nature des espèces implantées (caractéristiques variétales), leur mode de conduite (forme fruitière, distance de plantation, gestion de l'arbre...) et les itinéraires techniques appliqués à ces espèces en fonction d'objectifs agronomiques, commerciaux... (d'après Guide Méthodologique Ecophyto Fruits [7]). En effet, généralement destinés au marché de frais, les fruits sont soumis à des exigences d'aspect parfois importantes selon les circuits de commercialisation : ces derniers contraignent de fait les pratiques du verger, notamment au plan phytosanitaire. Enfin, l'autre grande caractéristique des systèmes de culture arboricoles est leur caractère pérenne.

#### ✓ Le verger est un habitat pérenne complexe...



Le verger est un milieu pérenne, multistraté (arbres à architecture parfois complexe, couvert herbacé), diversifié de par la présence fréquente de haies de bordure, structuré spatialement (alternance rang/inter-rang), ce qui augmente les effets de lisière. C'est donc un milieu complexe, propice à la permanence des chaînes trophiques et donc au maintien d'une biodiversité fonctionnelle pour réguler les bio-agresseurs sous réserve... que les pratiques culturales permettent de préserver ce potentiel.

Cette complexité peut être accentuée dans certaines des expérimentations décrites : l'association de cultures inspirée de

l'agroforesterie ou les expériences d'agroforesterie augmentent la diversité des espèces cultivées, associées pour leur complémentarité ; la complexité du milieu, qui rend plus difficile la localisation d'une culture par les ravageurs, ainsi que les possibilités de ressources et d'habitat pour les auxiliaires, sont ainsi augmentées. L'association peut également permettre d'optimiser les ressources abiotiques (sol, climat).

#### ✓ Les choix de plantation structurent fortement le verger, sa conduite et ses interactions avec les habitats semi-naturels dans le paysage

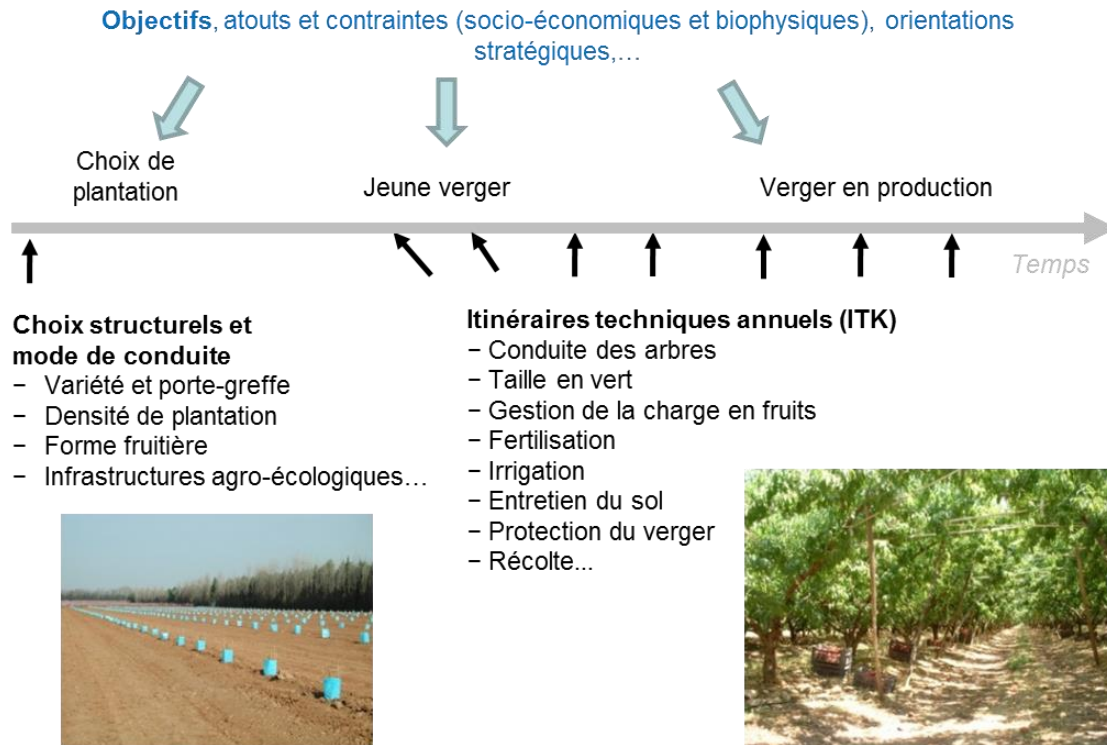
Du fait de la pérennité de la culture, les choix structurels à la plantation (matériel végétal, densité de plantation, forme fruitière, infrastructures...) sont difficiles à modifier au cours de la vie du verger. Ils contraignent donc fortement la configuration du verger et les pratiques à mettre en œuvre.

La sensibilité variétale aux maladies conditionne par exemple la protection fongique du verger. Mais ces choix de plantation influent également sur l'ensemble des pratiques du verger, en particulier sur le temps de main d'œuvre et les quantités d'intrants à investir pour produire : hauteur du verger, temps d'éclaircissage manuel...

Cette pérennité s'accompagne par ailleurs de possibilités d'investissements importants, tels l'installation de filets d'exclusion de ravageurs comme barrière physique ou l'aménagement de composantes pluriannuelles de l'agrosystème, en vue de favoriser les auxiliaires (ex. haies de bordure ou bandes fleuries, cf. levier 'biodiversité' des expériences décrites). Dans le cadre d'une expérimentation pluriannuelle, cette dimension interaction avec les habitats semi-naturels du paysage est particulièrement importante à considérer, car elle affecte les populations d'auxiliaires -voire de ravageurs- présentes sur la parcelle d'étude.

### ✓ Différentes échelles de gestion du verger via une approche intégrative

L'installation et la formation des arbres, puis la production de fruits, constituent deux phases de la vie du verger, se chevauchant parfois lors des années d'entrée en production. Les objectifs et donc les règles de décision pour le pilotage peuvent différer selon ces phases, mais restent liées et doivent tenir compte l'une de l'autre.



Par ailleurs, la pérennité de l'arbre comme plante-hôte s'accompagne du maintien dans la parcelle de populations de ravageurs ou d'inoculum de maladies qui réalisent l'intégralité de leur cycle sur cette plante. Le développement d'infestation ou d'infection induit donc un risque de dégâts sur la production ou les arbres pour l'année  $n$ , mais également pour les années suivantes. Cette spécificité aura des implications dans l'établissement des règles de décision, généralement formalisées à l'échelle de l'année, voire pour une situation à un temps 't'. Elle se traduit également par la présence d'un cortège en général très diversifié de bio-agresseurs présents dans les vergers, et le recours à de nombreuses méthodes de protection, souvent en interaction, qu'il faut savoir gérer.

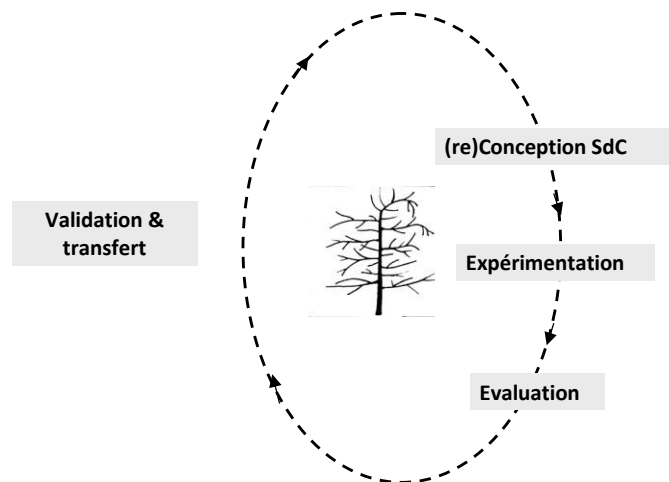
Enfin, le pilotage du verger intègre deux échelles de gestion très fortement interdépendantes : des plantes individuelles (les arbres) et un peuplement constituant un couvert arboré. Certaines décisions techniques sont basées sur des règles raisonnées par arbre (ex. chantiers 'manuels' : conduite de l'arbre par la taille, gestion de la charge en fruits par éclaircissage manuel), alors que les règles de gestion du peuplement reposent sur des interventions majoritairement appliquées de manière indifférenciée au verger (ex. nutrition hydro-minérale, protection phytosanitaire). La gestion de ces deux échelles nécessite de prévoir leurs interactions. Ainsi, la gestion individuelle de la conduite des arbres, qui impacte le volume et l'organisation spatiale de la frondaison, doit se raisonner aussi en fonction de la compétition inter-arbre, de l'espace nécessaire aux passages des engins et à la hauteur accessible par les équipements disponibles sur l'exploitation.

➤ Ainsi, du fait de ces spécificités, les approches intégratives sont déjà couramment développées de façon implicite en arboriculture : l'approche système n'est donc pas une 'nouveau' *sensu stricto*, elle permet juste de revisiter et de formaliser ces approches plus intuitives et parfois peu explicitées.

## II. Cadre méthodologique de conception et de formalisation des règles de décision en arboriculture

Comment mettre en place une expérimentation système ?

L'expérimentation système est souvent présentée comme une démarche dynamique, au cours de laquelle se succèdent les étapes de conception, de mise en œuvre, d'évaluation puis de validation et transfert du système de culture répondant aux objectifs fixés. Chacune des étapes permet en retour de faire évoluer le système de culture initial en une boucle de progrès [8].



### 1. La conception de 'systèmes verger' : quelles combinaisons de leviers d'action pour quels degrés d'innovation ?

#### ✓ Cadre conceptuel

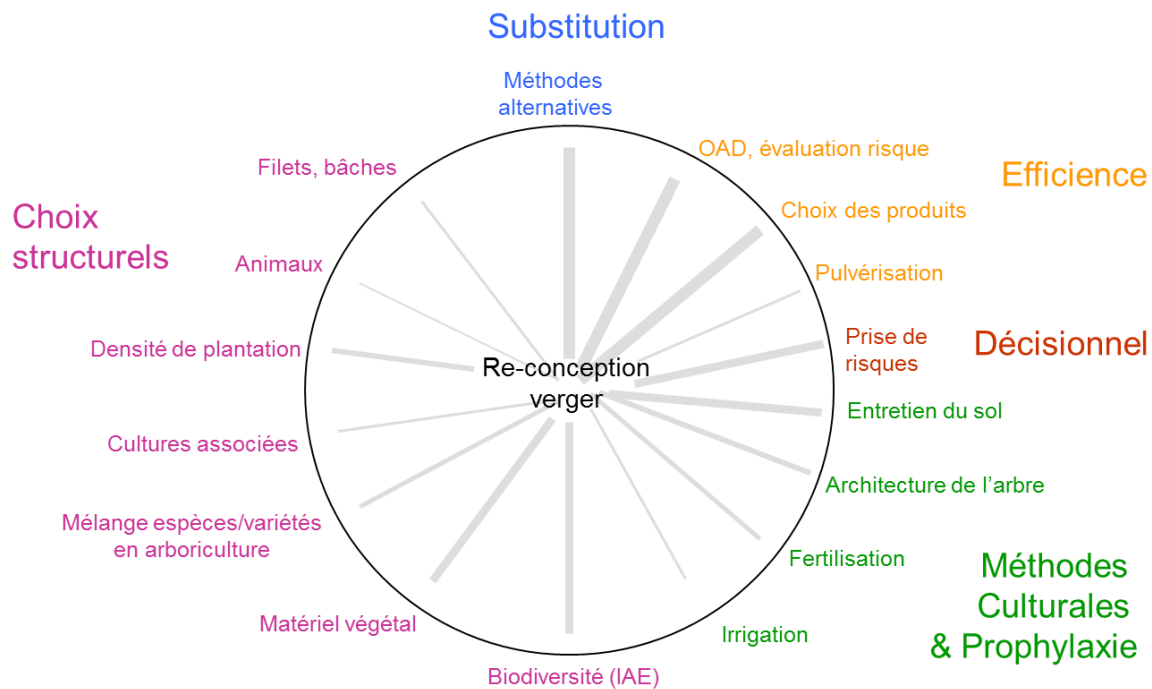
La recherche de méthodes alternatives aux pesticides ou de pratiques améliorant l'efficacité des intrants était déjà abordée par les essais factoriels, même si elle n'était peut-être pas formalisée directement : selon la grille d'analyse proposée par Hill et McRae [9], on parlera d'efficacité lorsque l'on cherche à optimiser les outils et intrants existant, et de substitution lorsque l'on remplace des solutions chimiques par des méthodes alternatives sans modifier les principales caractéristiques du système de culture. Enfin, en fonction du caractère plus ou moins novateur et diversifié des combinaisons de leviers mises en oeuvre, le type de verger et sa conduite peuvent être profondément modifiés : il s'agit alors d'une re-conception des systèmes de culture, qui demande de repenser les modes d'action contre les bio-agresseurs (ex. modification du microclimat), la configuration du verger et/ou le pilotage d'interactions complexes.

A titre d'exemple, les méthodes culturales qui contribuent à rendre l'arbre ou le milieu moins favorables au développement des bio-agresseurs constituent également des leviers d'action, à effet souvent partiel, en interaction avec la gestion du verger, de la production et de la qualité du fruit. Ainsi, la taille et la taille en vert, techniques particulièrement importantes en arboriculture (et en viticulture), permettent à la fois d'aérer la frondaison tout en favorisant l'éclairage des fruits (et donc leur qualité) et de moduler les périodes de croissance de l'arbre, ce qui affecte le développement de plusieurs bio-agresseurs.

La description de ces nouvelles combinaisons de techniques, associée aux modalités et conditions d'applications de ces pratiques en fonction des objectifs visés, doivent aboutir à des propositions d'itinéraires techniques globaux, souvent appelés prototypes\*. A l'instar de la terminologie utilisée en industrie mécanique, ces prototypes de systèmes de culture innovants doivent contenir le maximum des 'spécifications techniques' nécessaires pour être mis à l'épreuve en 'grandeur nature', en vue de vérifier leurs capacités à répondre aux objectifs fixés lors de leur phase de conception.

## ✓ Analyse des 8 expérimentations système

En regard de ces différents degrés d'innovation dans la conception, les leviers d'action mobilisés dans les 8 programmes d'expérimentations système étudiées peuvent être lus différemment.



L'épaisseur du trait indique le nombre d'expérimentations système dans lesquels le levier (cf p. 6) est mobilisé.

➤ Les leviers répertoriés ont été répartis en fonction du niveau de changement qu'ils induisent dans le système de culture : efficacité, substitution, et re-conception, qui inclut des actions via les plantes (méthodes culturelles, mélange de variétés, espèces ou cultures) et/ou via les auxiliaires (biodiversité, animaux)... mais également des modifications du milieu (microclimat, ex. type d'irrigation, bâches antipluie).

➤ L'innovation est multiforme et pas forcément toujours là où on l'attend : la combinaison de leviers et/ou la manipulation d'éléments de l'agrosystème (ex. microclimat) peuvent constituer des innovations fortes.

## 2. Les méthodes de co-conception

### ✓ Cadre conceptuel

La co-conception consiste à construire ensemble un objet (ici, un système de culture), au sein d'un groupe d'acteurs qui doivent tout d'abord élaborer une représentation commune des objectifs et des propriétés de ce système, ainsi que de sa dynamique de fonctionnement.

Quel que soit le domaine d'application (agriculture, industrie...), les deux grandes méthodes de conception sont la conception 'pas à pas', qui consiste à faire évoluer progressivement un objet (ici, un système de culture) existant vers un autre ayant les propriétés recherchées [8], et la conception 'de novo', qui consiste à concevoir un objet qui n'existe pas encore.

-La conception 'pas à pas' est une démarche incrémentale qui consiste à (i) identifier les critères non satisfaisants dans le système existant, les fonctions en cause et les actes techniques pour améliorer ces fonctions, (ii) modifier ces techniques pour atteindre les nouveaux objectifs et (iii) mettre en œuvre et évaluer ce nouveau système par un retour sur le diagnostic [10].

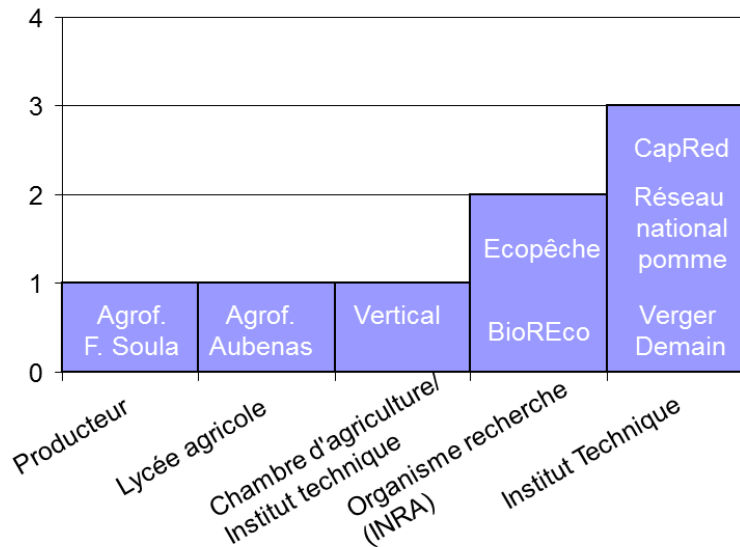
-La conception 'de novo' cherche à proposer des prototypes innovants en essayant de ne pas se 'brider' par rapport à l'existant : il peut s'agir de conception assistée par modèle, ou de prototypage à dire d'expert dans lequel les experts mobilisent lors de discussions partagées différents types de connaissances, en fonction des objectifs recherchés.

✓ **Méthodes de co-conception mises en œuvre et acteurs mobilisés**

Les 8 expérimentations système étudiées sont portées par différents acteurs de la filière...

Nombre par catégorie

*Organisme d'appartenance des responsables (maîtres d'œuvre) des 8 programmes d'expérimentation système décrits.*



... avec un partenariat diversifié.

	Producteurs	Enseignement	Conseil agricole	Recherche	Stations régionales	Instituts techniques	Autres*
BioREco							
Réseau national pomme							
CapRed							
Ecopêche							
Verger de demain							
Vertical							
Agroforesterie Aubenas							
Agroforesterie F. Soula							

*Principaux partenaires associés aux actions développées (au-delà du comité de pilotage), coordinateur inclus.*

\*dont collectivités territoriales, experts DGAL, Ecophyto...

➤ Au sein des 8 expériences décrites, la construction des systèmes expérimentés s'est essentiellement faite par prototypage à dire d'experts, en associant plus ou moins d'acteurs, et des acteurs plus ou moins diversifiés. L'évolution des dispositifs a par la suite principalement relevé d'une démarche 'pas à pas', toujours à dire d'expert : itérations pas à pas, fonctionnement en essai/erreur et amélioration.



## LA CONCEPTION... EN QUESTIONS

Comment sortir du cadre de travail et de réflexion usuel pour innover ? Quels freins à l'innovation (réglementaire, institutionnel, individuel...) peut-on identifier pour les dépasser ?

Pour innover, quelle ouverture envisager vers d'autres espèces, d'autres filières ? Ou encore vers d'autres disciplines telles le machinisme pour adapter les outils à d'autres configurations de l'espace, l'ergonomie pour optimiser les trajets et opérations au sein du verger ou encore le 'design\*' paysager pour gérer au mieux l'utilisation de l'espace...

Quelle prise de risque ? Faut-il privilégier l'expression des régulations naturelles et 'aller jusqu'à la limite des systèmes' indépendamment de la production ? C'était le principe de départ pour certaines expérimentations, principe en pratique difficile à accepter (en particulier dans des parcelles chez des producteurs) et de fait parfois remis en cause. Ceci a le mérite de pointer la nécessité de bien fixer l'objectif de départ et de fixer le niveau de production ou de maintien de marge visés dès la conception du projet.

Ceci renvoie également au constat partagé de la difficulté de hiérarchiser les objectifs, qui conditionne, dès le début du projet, le choix des critères d'évaluation et des variables mesurées (on ne peut pas tout enregistrer dans l'hypothèse que 'cela pourra servir un jour', surtout dans un système pérenne, avec des relevés sur plusieurs années !).

S'est également posée la question de l'expérimentation dédiée : pour un verger, toute observation documentée dans la durée peut-elle être vue comme une expérimentation système ?

➤ Il est clair que l'approche système n'est pas une exclusivité des expérimentateurs : l'agriculteur est complètement dans une logique 'système de culture'. Ce sera en fait le niveau de formalisation des objectifs, du 'design' et du pilotage du verger qui va distinguer l'expérimentation système de l'approche système. Dans tous les cas, par rapport à l'objectif général de réduction de l'utilisation des pesticides, il y a clairement un enjeu à formaliser tout système, incluant les systèmes mis en œuvre par les agriculteurs, pour élargir les références et contextes disponibles. Ce travail est en particulier réalisé dans le cadre du réseau Dephy FERME EcoPhyto.

## REGARDS CROISES APPROCHE SYSTEME EN VERGERS EXPERIMENTAUX ET DE PRODUCTION

L'analyse croisée des systèmes de culture du réseau FERME Fruits à pépins du GRCETA et du dispositif expérimental BioREco permet d'identifier des groupes de leviers en fonction de leur degré de mobilisation et, plus largement, de situer les expérimentations système dans un référentiel de production. A titre d'exemple :

-Le levier génétique est principalement mobilisé en expérimentation, attestant de la prépondérance de variétés sensibles aux maladies dans les vergers de production, et d'un renouvellement de verger peu élevé ou orienté par des critères autres que la sensibilité variétale.

-A contrario, une méthode alternative telle la confusion sexuelle s'est généralisée dans le Sud-Est alors que, jusqu'en 2012, la référence expérimentale était sous protection chimique, pratique dominante en 2005 lors de l'implantation de l'essai : ceci renvoie alors à l'importance de faire évoluer les systèmes expérimentaux de référence en fonction du contexte, ce qui a été le cas dans BioREco où la référence est en confusion depuis 2013.



### 3. Décrire des systèmes de culture et formuler des règles de décision dans un contexte évolutif

#### ✓ Cadre conceptuel

1. Dans une expérimentation système, après avoir fixé les **objectifs**, il est également indispensable de décrire le **contexte** de travail, en particulier les atouts et les contraintes qu'il faudra gérer (sol, climat, pression biotique, matériels, temps de travail, réglementation, normes commerciales...). Il est également utile d'identifier dès cette phase les **résultats attendus** (intermédiaires et finaux), liés aux hypothèses de travail (ex. raisonner le choix des insecticides utilisés permet de limiter les problèmes d'acariens), afin –entre autres– d'évaluer si le système expérimenté évolue ou non en direction de ces attentes.

2. Dans un deuxième temps se définissent les grandes orientations stratégiques, qui sont les grandes lignes du **schéma décisionnel**, et donnent au système sa cohérence d'ensemble. Il s'agira de fixer :

- les éléments structurels **ou choix de plantation**, même si ceux-ci peuvent être déjà fixés comme éléments de contexte lorsque la démarche est réalisée pour un verger déjà implanté,
- les principaux **leviers d'action** mobilisés aux échelles pluriannuelle et des itinéraires techniques (annuelle) et de rechercher des synergies entre techniques,
- les règles de **gestion de la pérennité** du verger, pour anticiper les conséquences de choix à court terme sur la longévité du verger (cf spécificités de l'arboriculture supra).

Il est toutefois possible que certains leviers ne soient mobilisés qu'à certaines phases de la vie du verger (ex. confusion sexuelle mise en place lors de l'entrée en production, mulch sur le rang mis en place à la plantation pour les premières années du verger...).

3. Enfin, les **règles de décision** tactiques et opérationnelles permettant de piloter les systèmes ainsi conçus sont à élaborer. Elles intègrent :

- une fonction qui relie la décision aux objectifs (Pourquoi faire ?)
- une solution assurant la relation entre le contexte et l'action (Comment faire ?)

et peuvent s'écrire sous forme d'une succession de

Si (Indicateurs ou état du milieu)... **alors** (acte technique 1 et modalité)... **sinon** (acte technique 2...).

Elles peuvent enfin comporter des critères d'évaluation pour vérifier si la fonction a été remplie (ex. relevé de compteur d'irrigation après apport d'eau, comptage du nombre de fruits sur quelques arbres après un chantier d'éclaircissage, etc.)

A noter que l'écriture Si... Alors... Sinon... est particulièrement adaptée pour décrire le système décisionnel dans des modèles informatiques. Usuellement, on a tendance à écrire les préconisations techniques sous d'autres formats, comme des tableaux à plusieurs entrées : l'important est de décrire précisément les objectifs recherchés (fonction), des indicateurs de décision et des solutions (modalités techniques) qui pourront être mises en œuvre selon les conditions.

#### *En discussion...*

Les échanges ont principalement porté sur la **dimension évolutive** de cette formalisation des **règles de décision**.

-Tout d'abord, en cas d'écart répété entre le résultat attendu et observé, certaines règles de décision peuvent être modifiées, ou encore des règles de décision peuvent être affinées dans une démarche essai/erreur. Il est alors utile de documenter précisément la démarche : contexte, causes des écarts observés, corrections proposées... afin de capitaliser l'expérience acquise.

-Les jeux de règles de décision diffèrent **au cours de la vie du verger**, en particulier entre les phases juvéniles et de production. Les modifications du système de culture en cours d'expérimentation doivent aussi être prévues en fonction des critères que l'on souhaite évaluer sur le moyen ou long terme, car il est difficile d'évaluer un système dans lequel beaucoup de pratiques changent régulièrement.

-Le **contexte** est **évolutif** : le cadre réglementaire, de nouvelles connaissances ou l'expérience peuvent amener à intégrer de nouveaux leviers ou à en abandonner certains. La pression biotique, sous l'effet de facteurs abiotiques (ex. climat), mais également en rapport avec les pratiques locales ou régionales, peut être largement modifiée. Il s'agira alors d'organiser l'intégration ou la suppression de leviers dans les systèmes expérimentés en fonction de ce contexte.

Ceci nous a amené à aborder la notion de **trajectoire du système de culture**, qui correspond à l'inscription dans la durée de ce système, en fonction d'un contexte évolutif.

Dans le cadre d'expérimentations en **réseau multi-sites**, comment concilier objectifs communs et spécificités locales ? Comment adapter les règles de décision en fonction du site ? Un consensus semble être de fixer des objectifs généraux et des grandes orientations communs à l'ensemble des sites, pour décliner plus spécifiquement les leviers et les règles d'action à mettre en œuvre au niveau local, en fonction du contexte et des priorités.

#### **4. Quelle production de connaissance ?**

Si les aspects évaluation et évaluation multicritère des systèmes de culture, traités spécifiquement par un autre séminaire, ne font pas l'objet de développement dans le cadre de ce document, les types de connaissances produites ou à développer ont été discutés.

##### **✓ Cadre conceptuel**

Les expérimentations système permettent d'acquérir de nombreux **résultats de nature différente** (économique, agronomique, environnementale, sociale...) et '**produits dans la durée**' (pluriannuels). L'utilisation de ces données peut s'envisager en parallèle avec deux types d'approche et d'objectifs :

- de façon assez opérationnelle, ces données peuvent entrer dans la construction d'indicateurs plus ou moins complexes, permettant d'évaluer d'année en année l'évolution des systèmes et donc l'impact des nouvelles pratiques mises en œuvre ou encore de comparer, de façon multicritère, les performances de différents systèmes de verger ;
- dans une optique d'acquisition de connaissances plus génériques, ces données doivent aboutir à une compréhension partagée des principaux processus biologiques et agronomiques à l'œuvre au sein des vergers et de leurs interactions. A travers l'observation de la trajectoire de réponse des systèmes de culture aux leviers d'action, il s'agit de valider progressivement des représentations de ces systèmes de plus en plus précises ('modèles').

Cet objectif de création de **représentations partagées** du fonctionnement du système de culture par différentes catégories d'acteurs n'est pas purement conceptuel. En effet, allié à la représentation du système décisionnel (les règles de décision), ce formalisme doit permettre d'améliorer, de façon raisonnée, l'identification des combinaisons et modalités des leviers d'action permettant d'atteindre les objectifs visés dans chaque contexte de production.

Deux conditions doivent cependant être réunies pour atteindre ces objectifs :

(i) la **capitalisation des données de description des systèmes de culture** (objectifs, contexte, système décisionnel, résultats...), par ex. via la constitution de bases de données dédiées permettant de relier ces données, avec la possibilité de changer aisément d'échelle d'analyse et de multiplier les points de vue (ex. le nombre de 'passages tracteur' intervient dans le bilan énergétique des pratiques et dans le bilan économique, mais informe également sur la compaction du sol à terme)

(ii) la **formulation des hypothèses de travail** qui ont conduit aux choix effectués. Par exemple, lors de l'introduction d'une bande fleurie, l'hypothèse première est qu'elle va favoriser les auxiliaires. Mais elle peut aussi être un refuge pour des ravageurs ou être en compétition avec l'arbre. La confrontation des résultats attendus (en fonction des hypothèses formulées) et observés doit permettre de valider ou de faire évoluer les hypothèses émises, ici celles concernant l'importance respective des différents rôles possibles des bandes fleuries.

### *En question...*

Toute connaissance nécessite d'être située par rapport à un contexte et une **référence**, généralement appelée 'témoin' dans les expérimentations factorielles. Dans le cadre des expérimentations système, plusieurs cadres de référence peuvent être mobilisés :

-Les **références régionales ou nationales**, même si le constat d'un déficit de références sur les pratiques phytosanitaires en arboriculture est partagé

-Le **contexte de production initial** constitue en soi une référence à partir de laquelle le système de culture peut être mis en regard (ex. nombre moyen d'applications pour gérer un bio-agresseur)

-La mise en œuvre expérimentale d'un système servant de **référence**, généralement basé sur les recommandations techniques dominantes actuelles et conduit dans les mêmes conditions pédo-climatiques et de pression biotique régionale que les 'systèmes innovants', peut fortement aider à analyser et interpréter les performances observées sur les différents systèmes : sous même pression biotique, est-ce que les règles de décision du système innovant ont permis de contrôler les bio-agresseurs aussi bien que dans le système de référence ? Est-ce que le système innovant génère plus de temps de travail avec le même parc de matériel et les mêmes équipes ?...

-Mais l'évaluation du système expérimenté réside surtout dans le **degré d'atteinte des objectifs fixés** au fil du temps (ex. fréquence et répartition des années permettant de ne pas utiliser les acaricides si un des objectifs est leur suppression), ce qui renvoie à l'importance de fixer précisément les objectifs lors de la conception du système.

### ✓ **D'autres formes de connaissance**

Les expérimentations système ne produisent pas des résultats 'clé en main' mais des ressources : des références, des méthodes de formalisation ou description des systèmes de culture, des systèmes décisionnels, des réseaux d'échanges... Chacun doit donc construire sa propre expérimentation, ou son propre système de culture en mobilisant ces ressources et productions en fonction de ses objectifs, de son contexte et de ses contraintes. Cette question de la production et de la diffusion des connaissances a largement interpellé l'assistance par rapport à un changement de posture (rôle, fonction) des différents acteurs impliqués dans cette production. L'enjeu à partir de ces expérimentations système est de développer de véritables outils globaux d'aide à la réflexion et à la décision individuelle.

### III. Vers un changement de paradigme

## Innové, c'est accepter, pour chaque acteur, de changer ses perspectives, ses représentations et ses pratiques

### 1. L'expérimentation système, une approche qui ne remplace pas l'expérimentation analytique, mais la complète...

La complémentarité des approches factorielles et système est probablement encore à organiser, dans un cercle vertueux d'enrichissement mutuel :

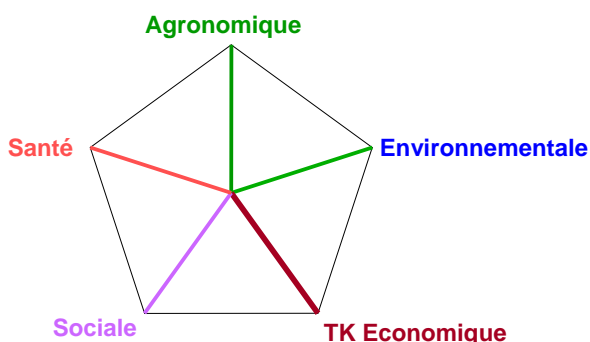
-Par construction, les méthodes expérimentales factorielles n'intègrent pas ou peu les interactions avec les autres pratiques non testées ou éléments du contexte influençant la réponse (climat, objectifs de production, pression pathogène de la zone...); dans le cadre d'expérimentations analytiques en réseau, l'effet site est certes analysé et/ou contrôlé, mais les interactions environnement x pratiques x verger ne sont pas au cœur de l'étude. En revanche, ces méthodes factorielles permettent d'approfondir les mécanismes en jeu, étudient l'effet d'un (ou quelques) leviers sur le verger et produisent une connaissance mobilisable dans le cadre d'expérimentations système.

- L'approche système a pour objectif de construire des préconisations ou des stratégies d'actions globales, intégrant la diversité croissante des enjeux et situations évolutives auxquels sont confrontés les producteurs, en particulier réduire les intrants en maintenant la viabilité économique de l'exploitation. Ces expérimentations système intègrent donc un ensemble de connaissances, approfondissent les interactions entre les processus en jeu et renvoient des questions de recherche, qui pour certaines peuvent être traitées de manière analytique.

### 2. Un changement de perspective pour tous ?

- ✓ L'expérimentation système, une démarche nouvelle dans ses objets, ses acteurs et ses productions

Les expérimentations système s'inscrivent généralement dans une dimension large et ambitieuse :



elles traitent de questions sociétales, souvent multiobjectifs, et les attentes d'informations à partir d'un même dispositif sont de nature très différente (ex. évaluation multicritère, dont agronomique, économique, sociale, environnementale...). Toutefois, l'approche système ne permet pas toujours d'apporter des réponses simples sur certains critères : les aspects sociaux, environnementaux et économiques ne peuvent être analysés correctement qu'en

prenant en compte d'autres échelles et dimensions (exploitation, bassins de production, circuit de commercialisation...) d'où l'importance de réfléchir aux références externes utilisables pour situer les résultats de l'analyse multicritère. Ainsi, les expérimentations système ouvrent clairement sur la dimension 'filrière' : pour une production de fruits frais, le circuit commercialisation peut constituer un levier en soi, et ce n'est plus le système de culture mais le système de production dans sa globalité qui est considéré.

Ce **changement de cadre** ('sortir de la parcelle') et la complexité des expérimentations système liée à la nature des questions traitées, des objets étudiés (ex. agrosystème dans son ensemble, dimension filière...), à la prise en compte des interactions entre méthodes, aux échelles spatiales et temporelles considérées (en particulier dans le cadre de dispositifs multisites)... caractérisent donc cette approche.

Enfin, de **nombreux intervenants** participent activement ou interviennent plus indirectement sur tout ou partie des étapes de la démarche, alors que toutes les dimensions abordées ne sont pas forcément perceptibles par tous ces acteurs. Ainsi, le conseiller technique n'est pas toujours familier des questions de biodiversité ou, dans un autre registre, le consommateur ne connaît généralement pas les contraintes de la production. Il est donc nécessaire que les différents protagonistes de la démarche (des acteurs directs aux utilisateurs des produits) acceptent de sortir de leur propre champ d'expertise, et reconnaissent l'existence de contraintes sur lesquelles ils ne peuvent pas eux-mêmes peser, mais également d'enjeux qui dépassent leurs propres intérêts.

- ✓ **L'expérimentation système, un partage de connaissances autour de projets, de sites et de réseaux expérimentaux**

Un des points forts de l'expérimentation système réside dans les **interactions** qu'elles suscitent. Elles permettent « **des échanges entre personnes qui ne se rencontreraient pas** », autour de dispositifs ou de réseaux en cours de conception ou expérimentés. Les publics et acteurs intéressés par les expérimentations système sont nombreux : agriculteurs dans leur diversité, conseillers et animateurs (service technique), étudiants, formateurs, expérimentateurs/chercheurs, et potentiellement tous les acteurs de la filière (toujours dans leur diversité), même si les consommateurs ne sont pas toujours présents.

Le besoin de créer une représentation commune du système de culture et des mesures à réaliser, pour des catégories d'acteurs très différentes, modifie également la **nature des échanges** entre ces mêmes **acteurs**. Une des difficultés va alors consister à les rassembler dans un objectif commun malgré des attentes ou des points de vue éventuellement opposés : par exemple, le consommateur peut souhaiter une suppression de l'utilisation des pesticides, ce qui n'est pas forcément envisageable pour un expérimentateur ou un producteur.

Enfin, l'évaluation elle-même permet également un partage des points de vue à partir des objectifs autour de la question 'quels critères d'évaluation retenir ?', dans le cadre d'une '**co-évaluation**'. Des difficultés subsistent toutefois sur cette question d'évaluation, en rapport avec le coût et la lourdeur des expérimentations système (pilotage et évaluation) nécessaires pour obtenir un 'retour sur investissement' satisfaisant pour un ensemble d'acteurs ayant des attentes variées.

- ✓ **Des connaissances mobilisées de nature diversifiée et une 'fusion' de ces connaissances dans l'approche système**

La nature des **connaissances et savoirs mobilisés** dans le cadre d'expérimentations système est large et diversifiée : dans un objectif opérationnel (ex. atteindre un objectif de réduction de l'utilisation des pesticides), ce sont à la fois des connaissances scientifiques mais également techniques et pratiques, et des savoir-faire qui seront à mobiliser. De même, les résultats obtenus ne sont appropriables qu'au travers d'un échange avec les acteurs concernés, pour mettre en perspective les contextes, objectifs et résultats respectifs du système de culture expérimenté et/ou en projet. Les approches 'verticales' usuelles (recherche-expérimentation-développement-production) sont de fait remplacées par des **approches plus transversales entre acteurs de la filière** : le format de transmission, d'animation, l'appropriation d'éléments issus de l'approche système, le besoin de s'inscrire dans la durée nécessitent un changement de posture pour les expérimentateurs. Il s'agira donc, sinon de ré-inventer, du moins de faire évoluer nos métiers à l'interface de nombreux publics, en lien avec des questions sociétales, vers une recherche participative.

## L'approche système en arboriculture pour la création et l'évaluation de systèmes vergers multi-performants : une dynamique riche, multiforme, encore en développement...

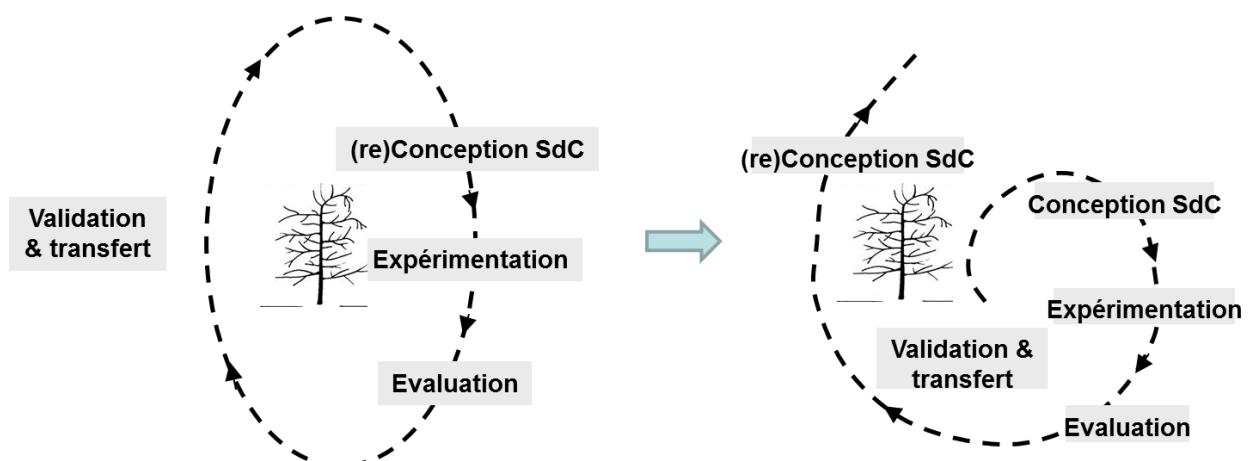
➤ Le développement d'expérimentations système dans un objectif de réduction d'intrants nous renvoie clairement au défi d'inverser les choix, datant d'une cinquantaine d'années, de conception de vergers maximisant la production, souvent sous 'parapluie chimique' [2], pour tendre vers des systèmes verger maximisant les processus de régulation naturelle et/ou réalisant un compromis plus durable entre production (qui assure le revenu de l'agriculteur), régulation naturelle et utilisation de ressources non renouvelables.

Cette question renvoie non seulement aux pratiques en verger *sensu stricto*, mais également à l'ensemble de la filière qui, pour répondre aux exigences de plus en plus contraignantes des marchés et rester compétitive dans un marché mondialisé, s'est organisée pour privilégier un type de verger, et un standard de fruits, au détriment d'autres possibilités : par exemple, pour de nombreuses espèces fruitières, les critères de sélection variétale ont longtemps été ciblés sur le potentiel de production, la qualité esthétique des fruits ou encore leur aptitude à la manutention et au transport, avec peu de considération de la sensibilité variétale à un complexe de bio-agresseurs [2].

Les types de verger actuels, généralement mono-clonaux et à haute densité, sont de fait des milieux particulièrement favorables au développement de ravageurs et maladies, dans lesquels les méthodes de protection dépendent largement d'une lutte directe contre les bio-agresseurs. Le défi consiste donc à reconcevoir ces vergers pour favoriser un ensemble de mécanismes limitant le développement des bio-agresseurs, par des actions via la plante ou via les auxiliaires et ne recourir qu'en complément à des méthodes de lutte directe (chimique ou de substitution) pour gérer/prévenir des pressions parasitaires trop élevées.

➤ Du fait de la diversité des enjeux et objectifs, les productions de ces collectifs sont multiformes, et le cadre méthodologique utilisé dans ces démarches est encore en développement, pour une approche 'jeune' de conception de vergers multi-performants, mais riche dans sa dynamique et les interactions qu'elle suscite au sein de la filière. Se pose alors la question des échanges à susciter, aux plans régional, national, voire à l'international, entre ces différents groupes, sans figer, mais pour pouvoir mutualiser et partager innovations et outils, et continuer à capitaliser les approches et les échanges...

Pour finir, cette dynamique nous amène à proposer de mettre en perspective la démarche, non plus sous forme d'une boucle d'innovation, mais d'une spirale qui illustre ce processus d'évolution continue qui ré-investit les acquis dans un nouveau contexte et/ou avec des objectifs revisités.



## Remerciements

Merci à vous tous qui avez partagé ce séminaire et contribué à ce document, avec une mention spéciale pour les responsables de sites et d'expérimentations système qui ont patiemment 'décortiqué' leur démarche pour permettre cette analyse d'expériences diverses.

Le GIS Fruits, co-animé par S. Colleu et F. Dosba, a soutenu notre action par un appui logistique et diverses interactions en lien avec l'axe 'système de culture' du GIS Fruits.

Le Ministère de l'Agriculture et l'ONEMA soutiennent, via le plan Ecophyto 2018, le programme Dephy-EXPE 'BioREco' dans le cadre duquel cette action a été conduite.

L'expérimentation système 'BioREco' est développée par l'équipe Système Verger Agro-Ecologique sur l'unité expérimentale de Gotheron et bénéficie de diverses participations d'autres collègues : merci à vous tous qui faites vivre cette expérimentation au quotidien. Merci également à S. Borne pour ses relectures minutieuses lors de la finalisation du document. Et bien évidemment, merci à nos partenaires du programme du même nom : GR CETA Basse-Durance, INRA PSH Avignon, Chambre d'Agriculture de la Drôme et EPLEFPA lycée agricole du Valentin.

## Pour en savoir plus...

### Références citées

- [1] Sauphanor B., Dirwimmer C., Volay T.E., Boutin S., Chaussabel A.-L., Dupont N., Fauriel J., Gallia V., Lambert N., Navarro E., Parisi L., Plénet D., Ricaud V., Sagnes J.-L., Sauvatre D., Simon S., Speich P., Zavagli F. (2009) Analyse comparative de différents systèmes en arboriculture fruitière, Tome IV. In: Stengel, P., Lapchin, L., Reau, R. (Eds.), Ecophyto R&D. Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Rapport d'Expertise Collective Inra, 49 p.
- [2] Ricci P., Bui S., Lamine C. (2011) Repenser la protection des cultures, Edition Quae, France, 250 p.
- [3] Mercier V., Bussi C., Plénet P., Lescourret F. (2008) Effects of limiting irrigation and of manual pruning on brown rot incidence in peach. *Crop Protection* 27(3-5), 678-688.
- [4] Sauge M.H., Grechi I., Poëssel J.L. (2010) Nitrogen fertilization effects on *Myzus persicae* aphid dynamics on peach: Vegetative growth allocation or chemical defence? *Entomologia experimentalis et applicata* 136 (2), 123-133.
- [5] ACTA, AGPM, CETIOM, ITCF (1997) Guide méthodologique pour la construction et l'expérimentation des règles de décision, des itinéraires techniques et des systèmes de culture. ACTA, AGPM, CETIOM, ITCF, 60 p.
- [6] Meynard, J.M. (2012) La reconception est en marche ! Conclusion du Colloque 'Vers des systèmes de culture innovants et performants : de la théorie à la pratique pour concevoir, piloter, évaluer, conseiller et former'. *Innovations agronomiques* 20, 143-153.
- [7] Laget E., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli B., Bourgoïn B., Devaux M., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Parveaud C.-E., Ramade L., Rames M.-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J.-L., Zavagli F. (2014) Guide pour la conception de systèmes de productions fruitières économes en produits phytopharmaceutiques. Ministère chargé de l'agriculture – GIS Fruits (*sous presse*)
- [8] Debaeke P, Munier-Jolain N, Bertrand M, Guichard L, Nolot JM, Faloya V, Saulas P (2009) Iterative design and evaluation of rulebased cropping systems: methodology and case studies. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 73–86.
- [9] Hill S.B., MacRae R.J. (1996) Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7, 81-87.
- [10] Meynard J.M. (2008) Produire autrement : réinventer les systèmes de cultures. In : Reau R. et Doré T. (Eds.), *Systèmes de culture innovants et durables*. Editions Educagri, pp. 11-27.



### *Glossaire (les définitions déclinent les aspects abordés ici...)*

**Design** : Renvoie aux composantes structurelles du verger (qui sont difficilement modifiables au cours de la vie du verger), ex. variété, densité de plantation, infrastructures du verger...

**Expérimentation système** : Expérimentation qui vise à évaluer des systèmes de culture, leur faisabilité et la cohérence des pratiques expérimentées. Les performances de ces systèmes de culture sont la résultante de choix de plantation, de l'ensemble des pratiques et de leurs interactions.

**Factorielle** (analyse, approche, expérimentation...) : Qui étudie l'effet d'un ou quelques facteurs sur des variables mesurées, la variation liée aux facteurs autres que ceux étudiés étant contrôlée.

**Généricité** : Caractère d'universalité, par opposition à spécificité. Considère ici la possibilité de transposer dans des contextes variés des systèmes de culture expérimentés dans un ou quelques sites. La question se pose également d'identifier dans un système de culture ce qui est générique et applicable à d'autres situations, et ce qui est lié au contexte d'expérimentation.

**Levier** : Considéré ici comme un moyen d'action pour limiter le développement des bio-agresseurs ou les dégâts en culture.

**Prototype** : Nouveau système de culture, issu d'une démarche de conception et décrit précisément, qui est à tester par rapport aux objectifs fixés (voir également p. 10).

**Règle de décision** : Règles opérationnelles permettant d'adapter les décisions d'interventions en fonction de l'état du verger et de son contexte.

**Système de culture** : Le système de culture correspond à un ensemble de parcelles partageant des objectifs similaires et répondant aux mêmes règles de décision (voir encadré p. 3).

**Système décisionnel** : Ensemble des règles qui permettent de piloter un système de culture, incluant leur hiérarchie et leurs interactions.

#### *Contacts pour les expérimentations système citées dans ce document*

**BioREco** : S. Simon ([Sylvaine.Simon@avignon.inra.fr](mailto:Sylvaine.Simon@avignon.inra.fr)) et A. Alaphilippe ([Aude.Alaphilippe@avignon.inra.fr](mailto:Aude.Alaphilippe@avignon.inra.fr)), INRA Gotheron

**Casdar Bas-Intrants** : V. Mercier ([Vincent.Mercier@avignon.inra.fr](mailto:Vincent.Mercier@avignon.inra.fr)), INRA Gotheron

**Réseau National Pomme** : F. Zavagli ([zavagli@ctifl.fr](mailto:zavagli@ctifl.fr)), Ctifl Lanxade

**CapRed** : B. Loquet ([loquet@ctifl.fr](mailto:loquet@ctifl.fr)), Ctifl Balandran

**Ecopêche** : D. Plénet ([Daniel.Plénet@avignon.inra.fr](mailto:Daniel.Plénet@avignon.inra.fr)), INRA Avignon

**Verger de demain** : A. Guérin ([Anne.Guerin@ifpc.eu](mailto:Anne.Guerin@ifpc.eu)), IFPC Sées

**Vertical** : L. Castel ([lcastel@drome.chambagri.fr](mailto:lcastel@drome.chambagri.fr)), Ch. Agric. Drôme et J. Ronzon ([julien.ronzon@grab.fr](mailto:julien.ronzon@grab.fr)), GRAB Avignon

**Agroforesterie Aubenas** : P. Saussac ([patrice.saussac@educagri.fr](mailto:patrice.saussac@educagri.fr)), Ferme Olivier de Serres, Le Pradel

**Agroforesterie F. Soula** : F. Warlop ([francois.warlop@grab.fr](mailto:francois.warlop@grab.fr)), GRAB Avignon



Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme DEPHY-EXPE Ecophyto 'BioREco' et avec le soutien logistique du GIS Fruits et la participation d'AgroCampus Ouest.



**Edition INRA  
Octobre 2014**

Tous crédits photos  
INRA Avignon et INRA Gotheron

*Partenaires du programme BioREco : INRA Gotheron, GR CETA Basse-Durance, INRA PSH Avignon, Chambre d'Agriculture de la Drôme, EPLEFPA lycée agricole du Valentin.*



Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto 2018.

