



Innovation depuis 1979

V. 2014

*GRAB - Maison de la Bio - Agroparc - BP 1222 - 84 911 Avignon cx 09
Tél. +33.(0)4.90.84.01.70 - Fax +33.(0)4.90.84.00.37 - www.grab.fr*

Sommaire

Témoignages des présidents du GRAB

<i>La création - Denis Lairon – Président - 1979-1986</i>	i
<i>Le développement - Nicolas Reuse – Président - 1986-1997</i>	ii
<i>La reconnaissance - Yves Tachoire – Président –1997-2010</i>	v
<i>Synthèse des actions du GRAB</i>	viii

Arboriculture : Zooms Innovabio

1

<i>Alt'Carpo: Protection Carpo en verger de pommier</i>	3
<i>Maîtrise des maladies de conservation de la pêche en post-récolte</i>	4
<i>Diminution des contaminations de tavelure en verger de pommier biologique par réduction de l'inoculum d'automne</i>	5
<i>Adaptation de l'itinéraire technique du pommier pour limiter les attaques de puceron cendré (Dysaphis Plantaginea)</i>	6
<i>Aménagement de l'environnement des cultures pour attirer les insectes auxiliaires</i>	7
<i>Enherber pour moins travailler</i>	8
<i>Du parfum dans les vergers</i>	9
<i>Garance® Lespin cov, une variété pour la Bio !</i>	10
<i>Pause sucrée avant 10h pour dérouter les bio-agresseurs</i>	11
<i>Arboriculture : Synthèse des actions depuis 1986</i>	12

Maraîchage : Zooms Innovabio

16

<i>Itinéraires techniques destinés à limiter l'impact des nématodes à galles</i>	17
<i>Lutte contre les escargots et les limaces: alternatives au métaldéhyde ?</i>	18
<i>Acariens ravageurs en maraîchage biologique: Lutte biologique et brumisation</i>	19
<i>Des fleurs pour des prédateurs</i>	20
<i>Explorer la biodiversité cultivée</i>	21
<i>Revaloriser la biodiversité de pays</i>	22
<i>Fertiliser les légumes avec des plantes ?</i>	23
<i>Maraîchage : Synthèse des actions depuis 1986</i>	25

Viticulture : Zooms Innovabio

29

<i>Recherche d'alternatives au cuivre contre le mildiou de la vigne</i>	30
<i>Des cépages qui tolèrent les maladies</i>	32
<i>Rhubarbe et bourdaine dans les vignes</i>	34
<i>Pause sucrée avant 10h pour dérouter les bio-agresseurs</i>	35
<i>Viticulture: Synthèse des actions depuis 1989</i>	36

Favoriser les innovations agro-écologiques par une approche multi-niveaux des besoins d'expérimentation en productions végétales

40

La création - Denis Lairon - Président - 1979-1986

Le contexte à cette époque, c'est-à-dire il y a 30 ans, était totalement différent de celui d'aujourd'hui. Il n'y avait pas de reconnaissance officielle, ni française, ni européenne, de l'agriculture biologique (AB). Dans un climat totalement hostile, quelques milliers d'agriculteurs soutenus par une poignée de techniciens militants produisaient en Bio (AB) en respectant des cahiers des charges d'organisations (Nature et Progrès, Demeter, Lemaire & Boucher, ...). La demande des consommateurs était limitée et progressait faiblement, et de ce fait la production ne se développait pas beaucoup. L'INRA était regardé dans ce milieu Bio comme un outil du développement de l'agriculture de type industrielle et productiviste, antinomique de l'AB.

En tant que citoyen je m'intéresse en 1975 à l'AB, jardine bio, adhère à Nature et Progrès. Jeune chercheur de l'INSERM dans le domaine biochimie-nutrition, je réalise que la meilleure façon d'avoir une bonne alimentation est d'optimiser la qualité au stade de la production, en particulier de réduire voire supprimer les contaminations par des résidus toxiques : c'est ce que proposait l'AB. La lecture de « l'Agriculture biologique » de Claude Aubert, basé sur beaucoup de données scientifiques, m'interpelle en tant que chercheur. Avec lui, j'ai l'opportunité de visiter l'Institut de recherche en agriculture biologique (FIBL) à Oberwill en Suisse : je suis séduit par leur démarche de R & D, la qualité scientifique de leurs projets, les collaborations avec les agriculteurs et les institutions.

En France, nous n'avions rien de ce type bien que les besoins soient énormes, alors vient l'idée de créer une structure. Avec Rémi Combes, maraîcher AB pionnier dans notre région, qui mets à notre disposition une parcelle de terre, son matériel et son expérience, et avec quelques amis, nous créons le GRAB, association loi 1901, en 1979. Dans mon laboratoire de l'INSERM à Marseille, je développe des moyens d'analyse (vitamines, minéraux, nitrates). Rapidement, nous commençons des essais en plein champ pour comparer des modes de fertilisations sur les rendements et la qualité. Je prends des contacts avec des chercheurs de l'INRA, nombreux ont des compétences et de l'intérêt pour la matière organique, la lutte biologique, mais l'AB dérange. Pourtant François Féron, Directeur du centre INRA d'Avignon s'intéresse à notre démarche et nos expérimentations, et organise à l'INRA la première réunion de chercheurs sur l'AB : l'isolement prend fin ! Le Parc naturel régional du Luberon soutiendra notre première demande de subvention au Conseil Régional et d'autres vont suivre : le GRAB était lancé !. En 1984, j'ai négocié un plan de développement de l'AB avec le Conseil Régional PACA. Grâce au travail d'objecteurs comme Bruno Taupier-Letage, Robert Desvaux et bien d'autres, nous mettons sur pied à Cucuron une station expérimentale avec une serre pour des cultures en pots et un dispositif de 25 bacs lysimétriques pour étudier le lessivage sous culture sur 5 ans. Nous réalisons une étude comparative sur légumes en comparant des paires d'exploitations AB ou conventionnels. Une thèse de spécialité puis la Thèse d'Université de Blaise Leclerc, plusieurs articles scientifiques et des présentations de résultats à des congrès scientifiques français et internationaux sanctionnent tout ce travail : nous sommes reconnus et appréciés, objectif atteint !

En sus des travaux sur la qualité liés à mon investissement personnel, nous développons des recherches pour améliorer les techniques de productions, comme sur le désherbage thermique avec Marc Trouilloud ou la lutte biologique avec le domaine de Gothon de l'INRA.

Neuf ans après, des différents personnels et sur la stratégie, me conduiront à cesser mes activités au sein du GRAB, qui heureusement, est toujours bien présent 30 ans après.

Dans d'autres régions de France, l'exemple du GRAB fait des émules, des groupes de R&D pour l'AB se créent ! Cependant, conscient des limites du GRAB face aux besoins et enjeux, je suis persuadé de la nécessité d'une structure nationale de R & D pour aider au développement de l'AB, en relations avec les institutions. La formule d'un Institut technique nous paraît la plus appropriée au contexte français et à quelques-uns, nous créons alors l'ITAB, qui joue son rôle national à présent.

30 ans après, le GRAB continue, l'AB est reconnue, appréciée comme une alternative d'intérêt et se développe beaucoup, même si la France a encore de grands progrès à faire. Nous y avons contribué par le GRAB et nos travaux, reste maintenant à poursuivre cette aventure dans ce nouveau contexte.

Denis LAIRON,
Marseille, déc. 2009

Directeur de recherche à l'INSERM, - denis.lairon@univmed.fr

Le développement - Nicolas Reuse – Président - 1986-1997

Je vais essayer de présenter ce que furent ces quelques années passées à partager ces moments forts de développement du GRAB.

Au préalable il faut comprendre que cette croissance s'est faite en parallèle avec l'évolution de l'agriculture biologique en général. Pour cette raison je vais faire ce retour en arrière tout en définissant pour les non-initiés ce qu'était l'agriculture biologique et le GRAB en 1986 date à laquelle j'ai débuté mes fonctions de président.

En 1986 on ne parlait pas encore de réglementation européenne, ni de contrôle indépendant et impartial tel qu'on le conçoit aujourd'hui. Ce changement de concept du contrôle et de la certification a eu un impact notoire sur la croissance actuelle et par la même sur le GRAB.

Les marques fédéraient les agriculteurs bio, Nature et Progrès, Demeter, Unia, Biofranc, Terre et vie et d'autres moins présentes, mais qui définissaient le paysage professionnel du moment. On trouvait près de 14 cahiers des charges dont seuls quelques-uns avaient leur propre système de contrôle.

En 1986 les agriculteurs qui s'installaient en bio le faisaient le plus souvent par volonté éthique, ce qui n'est pas ou plus forcément le cas aujourd'hui puisqu'il n'est plus nécessaire d'en avoir pour faire de la bio, il suffit de respecter une réglementation.

Cela a eu comme conséquence que les administrateurs et salariés du GRAB participaient avec une conviction et une motivation qui rendaient cet outil de travail GRAB essentiel à leur existence et vous allez en comprendre les raisons.

Le GRAB venait de quitter Denis Lairon président fondateur qui avait jusque-là orienté les activités sur de la recherche plus fondamentale avec un travail important sur la vie du sol. Pendant une courte période de transition avec Marc Trouillou, président venu de la Drôme, le GRAB a été un peu en recherche de sa nouvelle voie. Evidemment, ce n'était pas facile pour Marc étant donné la distance, de suivre avec autant d'assiduité qu'il l'aurait souhaité les activités du GRAB.

Quand j'ai accepté de prendre la présidence, on distinguait au sein du GRAB deux groupes de producteurs, un premier, le plus actif, était constitué d'arboriculteurs, un deuxième de maraîchers.

On remarquait aussi une volonté appuyée de la part des producteurs de prendre en main cet outil et d'en faire leur propriété. On a observé à ce moment-là un changement de cap dans les choix et attributions données au GRAB. De la recherche fondamentale on est passé à de la recherche appliquée, pour aboutir à ce qu'il est aujourd'hui : un outil efficace au service de la production.

Le premier groupe, sous la tutelle d'Anne Lise Daumange a eu deux points focaux de recherche pendant plusieurs années: le carpocapse et la tavelure sur pomme.

Il faut savoir qu'en 1986 en Provence près de 80% de la récolte si ce n'est plus, avait des vers ou était tavelée. Quels progrès ont été faits depuis lors ! La culture de la pomme est aujourd'hui réalisée en bio avec succès. Cela s'est passé dans un premier temps par des transitions nécessaires avec un cahier des charges appelé orgafruit. Piloté par le GRAB, c'était une sorte de production intégrée avant l'heure, avec même la possibilité de recours ultime à la chimie tellement les dégâts étaient sérieux. Malgré ce cahier des charges qui était loin d'être parfait, qui a suscité de vives discussions et qui a disparu aussi vite qu'il est apparu grâce aux résultats des

recherches, les consommateurs n'avaient pas autres choses à s'offrir. A cette époque même les entreprises de distribution comme Bonneterre avaient leur propre cahier de charges.

J'aimerais remercier au passage les gros efforts économiques qu'ont eu à souffrir notre regretté ami Claude Chabanier, mais aussi M. Blanc, les producteurs de Salon de Provence, la famille Fauriel et d'autres producteurs de la région nantaise, et bien d'autres dont j'oublie le nom, pour leur patience, leur courage et leur foi dans la bio et le GRAB. Tous ces efforts ont été accomplis pour nous permettre d'avoir des pommes présentables dans nos régions. Je peux vous assurer qu'ils ont perdu une part importante de leurs récoltes et que beaucoup d'entre eux étaient la risée de leurs voisins. C'est aussi grâce à ces producteurs, ces pionniers plus que courageux, et à la détermination du GRAB que nous avons la chance d'avoir le développement actuel en pomme.

Concernant les fruits à noyaux même si les difficultés étaient moindres, les débuts de la lutte contre la tordeuse orientale ont aussi été suffoquants pour certains d'entre nous. Cela s'est résolu plus rapidement avec la confusion sexuelle dès le début des années 1990.

Des lâchers de coccinelles chinoises ont été faits en verger de pêchers pour lutter contre les pucerons. Pour l'anecdote, je peux vous dire que j'en rencontre encore parfois, dans mes vergers. Des essais très spectaculaires de paillage avec mulch d'écorces de bois dans un verger d'abricotier ont permis des croissances de plus de 40% sur les parcelles concernées. Les haies composites ont aussi été passablement travaillées. Je pourrais citer beaucoup d'autres expérimentations qui ont été entreprises avec succès par Anne Lise. Toutes ces références sont disponibles au GRAB si vous vous intéressez à l'historique de cette activité.

Un travail important a donc été consacré à l'arboriculture, et même si cette production est plus aisée aujourd'hui cela reste quand même une source de travail intense pour le GRAB et pour les producteurs. Je crois pouvoir dire sans me tromper que l'impact du GRAB a été essentiel sur la faisabilité économique de nos exploitations.

Le deuxième groupe de travail consacré au maraîchage était sous la tutelle de Bruno Taupier Letage. Cette activité paraissait plus simple du fait des cycles de production beaucoup plus courts, cela signifiait de fait une pression des parasites moindre. Les besoins étaient cependant nombreux. Bruno a beaucoup travaillé sur la fertilisation ce qui était une nécessité pour les cultures légumières, la gestion dans la durée pour les cultures annuelles, les engrais verts dans la rotation, la lutte contre les parasites, les nématodes etc...Un travail considérable a aussi été accompli sur les techniques de désherbage, mécanique, thermique avec une batterie d'essais de différents équipements. Je retiendrai aussi les expérimentations faites avec des mycorhizes à vésicules et à arbuscules qui nous ont passionnés pendant une longue période dans la relation racine/ phosphate.

Le rôle du président du GRAB était aussi et pour une bonne part la participation à des réunions au GRAB avec les producteurs, la préparation de la restitution annuelle des activités, la participation à des commissions mixtes et la recherche de financement. Si les deux premiers points se faisaient avec plaisir, les deux suivants étaient souvent plus contraignants.

J'aimerais remercier à ce sujet mon Directeur Pascal de Montmorillon qui s'est donné avec beaucoup de courage pour faire fonctionner cette petite entreprise.

Les réunions techniques étaient toujours bien organisées et les sujets passionnants. Je dois dire que si ce petit monde de la bio des années 80 avait un malin plaisir à s'accrocher sur des gestions de marques et sur leurs différences, le GRAB a toujours su faire l'unanimité dans le domaine de la recherche et de l'expérimentation. Il a su fédérer les individualités autour de thèmes porteurs. Il faut savoir que vers les années 80 les bios se

partageaient entre différentes marques qui essayaient de gérer ces individualités. Des marques plus ou moins bien réparties sur le territoire et selon les régions.

Les individualités étaient fortes parce qu'il fallait vraiment avoir un caractère bien trempé pour ne pas succomber à la caricature des milieux professionnels. Je me souviens d'une anecdote à l'APCA où mon voisin président de chambre m'avait caricaturé de pisseur sur le tas de fumier !!!! pour fertiliser mes champs. Aujourd'hui encore je me demande l'image que ces gens-là pouvaient avoir de notre métier qui somme toute n'a pas beaucoup changé puisque je suis toujours là. Je maîtrise mes cultures sans avoir l'impression d'être plus original que mes voisins. Il n'y a d'ailleurs quasiment plus que des producteurs bios sur ma commune. Je me suis toujours dit qu'il n'y avait que les poissons morts qui ne remontaient pas le courant.

Je peux aussi vous citer les commissions mixtes CTIFL ou ONIFLHOR où je bénissais la présence de M. Charrade, président de l'APREL qui était le seul à me soutenir dans mes fugaces essais d'intervention dans un milieu professionnel plus enclin à me caricaturer qu'à me donner les moyens de m'exprimer. Par contre je garde de bons souvenirs de mes passages au Conseil Régional PACA à Marseille où l'oreille attentive de leurs représentants nous ont toujours fait un bon accueil.

La grande messe¹ annuelle, faisait l'objet de la réunion de presque toute la profession qui se respectait. C'était l'occasion d'échanger nos idées, de faire l'état des lieux et de partager notre savoir-faire. J'ai eu le grand honneur de présider la réunion annuelle à Avignon au palais des papes dans la salle du conclave. Je garde aussi de très bons souvenirs des journées techniques de Vaison la Romaine, de Marseille, de Rennes et de bien d'autres ...

En conclusion je dirai qu'être président du GRAB sans être un vrai sacerdoce n'était pas de tout repos. Mais cela m'a donné beaucoup de bonheur, la chance de réaliser mes rêves et de réussir parfaitement mon existence d'agriculteur bio.

Je remercie encore Anne Lise Daumange, Bruno Taupier Letage, Pascal de Montmorillon pour leur patience à mon égard mais aussi Alain Lagarde qui m'a soutenu et accompagné ainsi que tous les administrateurs qui nous ont suivi et ont fait vivre le GRAB durant toute cette période. Le GRAB est un outil indispensable à notre profession, il a su répondre à nos attentes et répondra encore certainement à bien d'autres.

Nicolas Reuse
Bellegarde, déc. 2009
Arboriculteur bio et gérant de Biogarden

¹ Journées techniques Fruits et Légumes bio, créées par le GRAB. Organisées encore aujourd'hui avec l'ITAB.

La reconnaissance - Yves Tachoire - Président -1997-2010

Depuis la fin de la présidence de Nicolas Reuse à la tête du GRAB, en 1997, et une co-présidence assurée par Jean-Luc Petit et moi-même, le temps a passé si vite que j'en oublie les dates clés, et que je remets toujours à l'année suivante ma démission de Président, poste pour lequel je ne me suis jamais senti complètement à l'aise, au point que j'ai peut-être « épuisé » les 3 directeurs qui ont précédé Vianney.

C'est donc avec la direction de Pascal de Montmorillon, que je suis rentré plus en profondeur dans le fonctionnement du GRAB, avec alors, une équipe assez restreinte : sa dynamique du Bio essayait de sortir de rêveries idéologiques et sectaires, pour s'ouvrir vers de nouveaux consommateurs et donc de producteurs ; et par là-même, tenter de coopérer avec les « diaboliques » institutions du « conventionnel ».

Faire connaître le GRAB avec la rencontre des Chambres d'Agriculture de la région PACA : assez difficile au départ, les premiers investissements des Chambres sur le Bio permettront des rapprochements ; le Bio aura d'autant plus le vent en poupe, que le Ministre de l'Agriculture lance un premier plan de développement de la Bio. Le CTIFL se positionne alors comme coordinateur de la Bio, la place de l'ITAB étant encore fragile : le GRAB obtient alors des financements pour jouer un rôle d'expert auprès de l'ITAB.

Pascal de Montmorillon, épuisé, s'en va se mettre au vert dans le Parc Régional du Perche, laissant sa place à Robert Desvaux.

Les finances du GRAB, toujours très serrées sont l'occasion de se questionner sur l'opportunité de conserver la station (maraîchage sous tunnel), sur le site de la Serfel (Gard). Un premier projet de bâtiment pour le GRAB, avec un financement du Conseil Régional PACA, sur le site du CEPÉM, est gelé, pour raison budgétaire, et de manque de place pour la station. Ce qui ne freine en rien la volonté de l'équipe d'avancer.

On aborde des thèmes transversaux (agronomie, fertilité, désherbage,...), chacun prenant en charge une spécialisation (fruits à noyaux, à pépins, olive, paillage, ravageurs telluriques, travail du sol, etc...).

Des commissions techniques, composées d'agriculteurs, techniciens, stations sont réunies annuellement, pour cibler les nouveaux thèmes d'expérimentations. La communication des résultats d'expérimentations s'étoffe par des articles dans la presse, rédaction de fiches techniques, visites d'essais, etc... . L'équipe de salariés est renforcée par l'embauche « d'emplois jeunes ». Le GRAB est alors positionné sur 3 régions BRM : PACA, Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes.

Le Conseil d'Administration, dans lequel siège déjà l'INRA et les Stations de la Pugère, de l'APREL et de la Tapy, ainsi que certains en tant que CIVAM et GDA, s'ouvre à des opérateurs économiques (Bioconvergence, SETRAB, SICA Solebio, Pro Natura), ainsi qu'aux Chambres (84, 13). L'organisation interne souhaite libérer l'administratif des tâches comptables et faire une économie de moyens en se rapprochant de la Fédération d'Agriculture Biologique (FAB).

C'est le moment (2001) que choisit Robert, non pour se mettre au vert, mais pour folâtrer dans les senteurs de lavandes et autres plantes aromatiques !

Cyril Bertrand, petit jeune et moulu par son passage à l'équipe du GRAB, reprend gaillardement la direction. Les équipes sont de plus en plus pro, la gestion administrative et comptable plus pointue avec une approche de comptabilité analytique. Parallèlement, la fin des contrats « emplois-jeunes » amène de plus en plus de difficultés financières, avec des périodes de « gel » des salaires et des départs non remplacés (Annick Taulet 2007).

Le projet bâtiment voit enfin le jour en 2003-2004. Un mas situé sur les terres du lycée agricole François Pétrarque est mis à notre disposition pour 15 ans. Nous sommes chargés de le rénover avec des financements de la région PACA, de Viniflor, du Conseil Général de Vaucluse et un emprunt du GRAB. La nouvelle maison de la bio fournit enfin un cadre de travail satisfaisant au GRAB, et héberge la FAB (devenue Bio de Provence).

La station d'expérimentation se monte avec 1500 m² de tunnels maraîchers, une parcelle de légumes plein champ et un verger de pommes, poires, pêches.

Le partenariat avec le Lycée est un atout majeur au niveau matériel d'exploitation, et échange avec les étudiants.

Un site Internet est créé. Le GRAB accède aux programmes européens grâce à la reconnaissance de ses compétences et par la nécessité de diversifier nos sources de financement.

En 1997, Cyril, un peu moins jeune, et bardé d'expériences, part s'essayer au CRITT, remplacé par Vianney Le Pichon. Dans l'idée de mutualisation, ce dernier se partage au départ, entre Bio de Provence qu'il dirigeait jusqu'à présent, et le GRAB, avec en complément l'embauche partagée de Carine sur chaque structure, comme responsable administrative et comptable : échec stratégique (dommage !). Vianney récupère à plein temps la direction du GRAB.

Les difficultés budgétaires s'accroissent avec des baisses des aides de l'Etat. Lionel Romet et Marc Chovelon démissionnent. Malgré ces grosses difficultés qui posent de réelles questions pour l'avenir, les équipes du GRAB restent solidaires et très réactives dans la construction de partenariats et la soumission de projets à des appels d'offres nationaux et européens.

Les 30 ans du GRAB sont là, et Vianney reste, plus présent que jamais, en nous proposant de cogiter sur les stratégies de l'avenir du GRAB : merci à tous ceux qui ont répondu présents pour le travail.

Yves TACHOIRE
Eyragues, déc. 2009
Maraîcher bio



Denis Lairon, Nicolas Reuse et Yves Tachoire réunis à Avignon en 2009 pour repenser la stratégie du GRAB

Synthèse des actions du GRAB

Entre 1979 et 2013, 800 expérimentations ont été recensées, portant sur des sujets très variés. A la naissance du GRAB, les premières études avaient pour objectifs de recueillir des informations d'ordre **agronomique** (fertilisation, croissance, rendement, maladies), d'ordre **commercial** (calibrage, prix de vente selon les circuits) et d'ordre **nutritionnel** (teneur en matière sèche, en éléments minéraux et oligo-éléments, vitamines, minéraux, métaux lourds, nitrates, etc.) sur l'agriculture biologique et ses produits. Ces études n'ont pas été incluses dans l'analyse statistique des expérimentations qui démarre en 1986.

■ Des thématiques de recherche qui s'adaptent aux problématiques actuelles

A partir de 1986 les travaux du GRAB se concentraient essentiellement sur la gestion des bioagresseurs et la fertilité des sols. Progressivement, de nouvelles thématiques ont fait l'objet d'études : les itinéraires techniques & systèmes, l'environnement & biodiversité et plus récemment le changement climatique (Figure 1 ci-dessous). Chaque filière de production (Arboriculture, Maraîchage et Viticulture) possède des problématiques qui lui sont propres, ainsi les thématiques de recherche seront déclinées pour chaque filière dans ce rapport.

Thématiques de recherche (toutes filière)

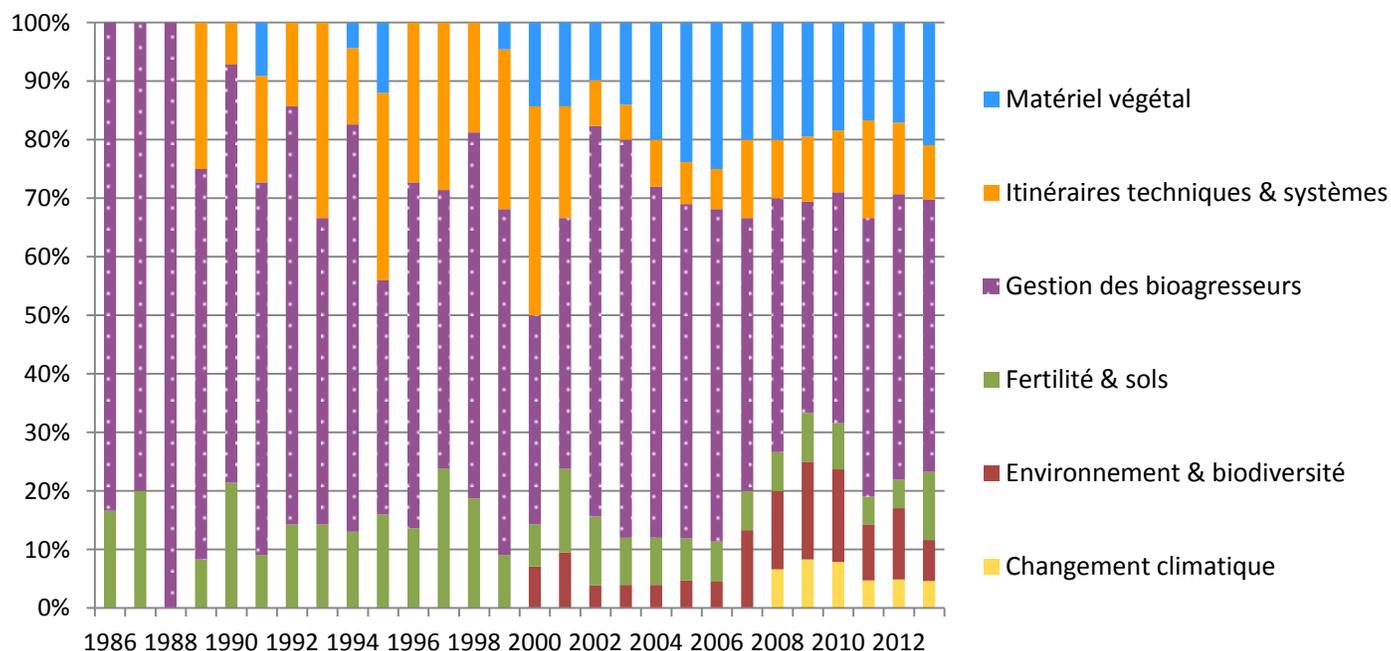


Figure 1 : Evolution des thématiques de recherche au GRAB entre 1986 et 2013

■ Des approches expérimentales différentes dans le temps...

Une manière d'évaluer l'approche expérimentale au GRAB est l'approche multi-niveaux développée par Le Pichon et al. (2013)². Le principe peut être résumé graphiquement sous forme de pyramide (Figure 2 ci-contre). Elle représente le nombre de stratégies d'actions à disposition d'un agriculteur ou d'un expérimentateur en fonction de l'objectif visé. On distingue ainsi trois niveaux : Direct, Indirect et Système suivant la rapidité, l'échelle et le terme de l'effet de la mesure prise. Plus la stratégie utilisée est directe, moins il y a de moyens d'actions disponibles.

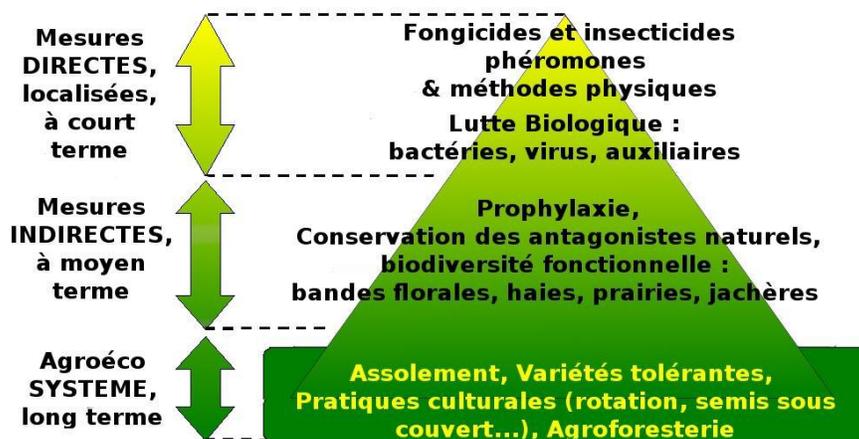


Figure 2 : Pyramide multi-niveaux des stratégies d'actions appliquées à la protection des plantes. Source : Le Pichon et al. 2013²

L'analyse pluriannuelle de l'approche expérimentale permet de souligner une augmentation de la part consacrée au niveau Système en le portant progressivement à 40% du total des essais (Figure 3 ci-dessous). La part grandissante de l'approche « Système » est due en partie à l'évaluation variétale, avec une recherche de rusticité et de tolérance, primordiales en AB, mais aussi par l'apparition de nouvelles approches de conduite de cultures (engrais vert nématicides, enherbement, rotations, haies, adaptation au changement climatique...) avec une part émergente de méthodologie systémique et de reconception de système (agroforesterie).

Approche expérimentale (toutes filières)

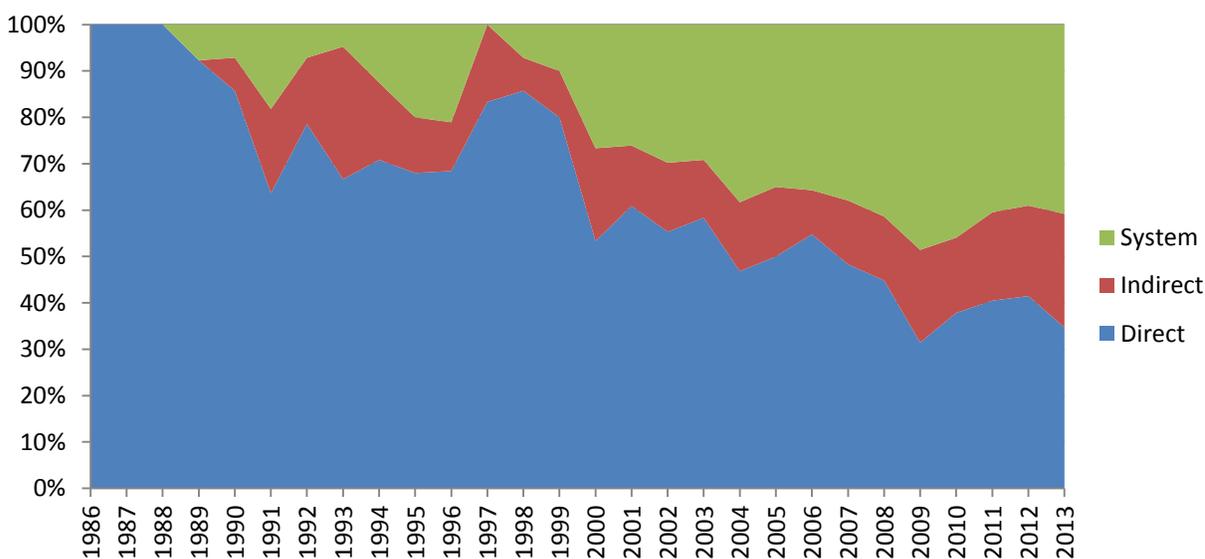


Figure 3 : Evolution de l'approche expérimentale au GRAB entre 1986 et 2013

De même que pour les thématiques de recherche, chaque filière de production possède des approches expérimentales spécifiques et feront l'objet d'une analyse particulière.

² Le Pichon V., Filleron E., Ricavy I., Taussig C., Bellon S., 2013. Favoriser les innovations agroécologiques par une approche multi-niveaux des besoins d'expérimentation en productions végétales. Innovations Agronomiques 32, 285-296.

Arboriculture : Zooms Innovabio

■ Alt'Carpo : protection Carpo en verger de pommier p. 3



■ Maîtrise des maladies de conservation de la pêche en post-récolte p. 4

■ Diminution des contaminations de tavelure en verger de pommier biologique par réduction de l'inoculum d'automne p. 5



■ Adaptation de l'itinéraire technique du pommier pour limiter les attaques de puceron cendré p. 6

■ Aménagement de l'environnement des cultures pour attirer les insectes auxiliaires p. 7



■ Enherber pour moins travailler p. 8

■ Du parfum dans les vergers
p. 9



■ Garance[®] Lespin cov,
une variété pour la Bio !
p. 10

■ Pause sucrée avant 10h
pour dérouter les bio-agresseurs
p. 11



■ Le GRAB en chiffres : synthèse
des actions et expérimentations
p. 12

Besoin : Pommier – se protéger du carpo
 Innovation : Protection mécanique par filet

Direct

Alt'Carpo: Protection Carpo en verger de pommier

■ Des cas de résistance au virus de la granulose

Cydia pomonella, le carpocapse des pommes et poires, est le principal insecte ravageur des vergers de pommiers, poiriers, productions de première importance. Il y a plus de 20 ans, le GRAB a participé à l'utilisation du virus de la granulose comme principal moyen de contrôle de ce lépidoptère en Agriculture Biologique, complété par la confusion sexuelle et le Bt (*Bacillus thuringiensis*).

En 2003, les producteurs ont indiqué une possible perte d'efficacité de la souche de virus employée en constatant sur certains vergers près de 80% de dégâts dus aux piqûres du carpocapse. Deux ans après, des études allemande (Frisch et al. 2005) et française (Sauphanor et al. 2006) ont montré des cas de résistances chez des populations de *Cydia pomonella*. Face à cette situation gravissime dans certains vergers, pouvant très rapidement s'étendre à d'autres, une technique de protection mécanique des arbres par des filets a été testée en 2005.



■ Une solution alternative physique

La Chambre d'Agriculture du Vaucluse et le GRAB, ont conçu en 2005 une protection physique de rangées entières d'arbres par des filets (mono-rangs). Cette technique alternative aux traitements de virus, de bactéries et à la confusion sexuelle, est appelée Alt'Carpo.

- Elle est testée et validée sur 10 vergers expérimentaux en 2006, où deux types de mailles sont comparées (mailles 4x4 ou 2,5x3).

- En 2007, 15 vergers soit une trentaine d'hectares de pommiers sont ainsi protégés par des filets mono-rangs. Première année de test d'une protection de l'ensemble d'un verger par des filets : protection Alt'Carpo en mono-parcelle, en comparant deux filets (maillage 4x4 ou 2,5x3)

- En 2008, 44 vergers sont suivis avec le système mono-rang et 4 vergers avec le système mono-parcelle. Des observations complémentaires sont réalisées par le GRAB et l'INRA, sur les effets secondaires de ce type de protection sur d'autres ravageurs. Et enfin une comparaison financière des différentes méthodes de protection du verger vis à vis du carpocapse et de la zeuzère a été réalisée.

■ Des filets très efficaces

- Pas de différence au niveau des résultats entre les 3 types de mailles : 4x4, 2,5x3 (filet para-grêle), en protection mono-rang. Pour des questions de solidité et de durabilité le maillage 4x4 est préconisé.

- **Excellents résultats du système mono-rang** obtenus en 2005, 2006, confirmé en 2007 sur 15 vergers et en 2008 sur 44 vergers : une moyenne de 0,06% de fruits piqués par verger expérimental protégé par le système Alt'Carpo en mono-rang.

- **Excellents résultats** également pour le système de protection par des filets en **mono-parcelle** : aucune piqûre sur 3 vergers et 0.1% de piqûre sur le 4^{ème} verger en système mono-rang.

- Les observations complémentaires sur d'autres ravageurs permettent de souligner les effets positifs d'une telle protection physique vis à vis de **la tordeuse orientale**, des **oiseaux**, de la **zeuzère**, d'**acariens** et du **Pou de San José**. Les dégâts de différentes mineuses, le développement de pucerons lanigère et les taches de tavelure, ne sont ni limités ni augmenté par la présence des filets.

- Pour une durée de vie des filets de 10 années, la protection Alt'Carpo reste moins coûteuse qu'une protection biologique moyenne en situation de forte pression, basée sur 14 traitements au virus de la granulose et 4 traitements au Bt par saison (donc sans compter la protection par confusion sexuelle).

Besoin : Pêcher – limiter les pertes après récolte
Innovation : Traitement des fruits à l'eau chaude

Direct

Maîtrise des maladies de conservation de la pêche en post-récolte

■ Contrôler les maladies avant la vente

Les maladies de conservation (monilioses essentiellement) sont responsables de pertes importantes au verger et justifient en grande partie de faibles surfaces produites en AB ; face aux difficultés rencontrées pour identifier des molécules efficaces et alternatives au cuivre, et suite aux travaux menés parallèlement sur l'impact de l'itinéraire technique (enherbement, choix variétal), nous nous sommes penchés sur le contrôle des maladies après la récolte.

■ Ne pas réinventer l'eau chaude

- 1998-2000 : importante bibliographie montrant l'intérêt de l'eau chaude contre les pathogènes ;
- 1999 – 2001 : réalisation d'essais à petite échelle pour valider les conclusions et identifier le temps et la température à adopter, et les risques éventuels ;
- 2001 – 2005 : réflexion sur la nécessité de parvenir à une application commerciale réaliste de la thérapie, en discutant et rencontrant les industriels du secteur (RECS, Xéda International, Burg). Essais complémentaires renouvelés chaque année.
- 2004-2005 : proposition d'un projet « cellule-ingénieur » aux étudiants de 2^e année de l'ENSAM, tutorés par Véronique Bellon-Maurel, responsable de l'UMR ITAP

Projet étalé sur 10 mois, visant à sonder les utilisateurs finaux pour identifier leurs besoins, mettre en place un cahier des charges, et finalement solliciter en 2006 les constructeurs pour mettre au point un prototype viable, moins cher que les matériels disponibles sur le marché.

- 2005-2006 : cette acquisition progressive de connaissances dans ce domaine, a permis de se rapprocher des experts au niveau international. Une rencontre avec les israéliens d'ARO a été réalisée dans ce sens, pour discuter de l'utilisation de la technique en Israël, et envisager de faire venir en France, la machine développée par Shelah (<http://www.shelah.co.il/product.htm>) pour des démonstrations en stations fruitières.

■ Machine efficace cherche groupes d'utilisateurs

- Confirmation de bonnes efficacités, pouvant aller jusqu'à 75%, selon les variétés, la température choisie, aussi bien dans les essais en petits volumes qu'à échelle commerciale.
- Intérêt des industriels pour le marché français et la technique encore nouvelle. Le coût de la machine la destine à des stations fruitières. Discussions sur la possibilité de fonctionner par location d'un système mobile, pouvant passer d'une station fruitière à l'autre.
- Identification des OP intéressées et prêtes à investir



Besoin : Pommier – limiter les pertes dues à la tavelure

Innovation : Nouvel itinéraire technique (balayage des feuilles et buttage)

Indirect

Diminution des contaminations de tavelure en verger de pommier biologique par réduction de l'inoculum d'automne

■ Un champignon peu apprécié

La tavelure est la maladie la plus redoutée en verger de pommier biologique. Elle se manifeste par l'apparition de taches sur les feuilles et les fruits, ce qui peut provoquer des pertes considérables en dépréciant la récolte.

■ Réduire l'inoculum à l'automne

Durant la saison hivernale, la tavelure se conserve principalement sur les feuilles mortes au sol, et celles-ci constituent la source de l'inoculum primaire, responsable des contaminations au printemps suivant. La destruction de ce matériel végétal apparaît, en toute logique, comme une des clés de la réussite de la protection contre la tavelure. Le GRAB et l'INRA de Gotheron ont testé en 2003 et 2004 l'influence combinée du retrait des feuilles situées sur l'inter-rang et de l'enfouissement par buttage des feuilles laissées sur le rang, sur la réduction de l'inoculum primaire et le développement des épidémies de tavelure. Cette étude a été réalisée dans un verger commercial biologique de la Drôme, sur la variété Smoothie®.

■ Balayer c'est efficace

Les résultats montrent que l'enfouissement et le retrait des feuilles permettent de réduire les dégâts de tavelure sur feuilles et sur fruits. En effet, que ce soit une année peu favorable au développement de la tavelure (2003) ou plus favorable (2004), la réduction du nombre de taches de tavelure sur fruits à la récolte pour la modalité « balayée-buttée » est du même ordre de grandeur, avec près de 70% de réduction. **En 2004, une réduction de l'ordre de 95%** du nombre d'ascospores piégées dans la modalité « balayée-buttée » a été observée. Cette valeur se situe parmi les plus hautes valeurs observées dans les différents essais de réduction d'inoculum primaire de tavelure. En effet, des essais basés sur le broyage des feuilles ou l'application d'urée sur la litière foliaire ont mis en évidence des réductions de projection d'ascospores comprises entre 50 et 80%. Les traitements avec des antagonistes appliqués seuls ou associés à de l'urée et/ou un broyage de la litière, permettent des réductions de production d'ascospores comprises entre 76 et 96%.

Cette méthode de réduction de l'inoculum primaire, facile à mettre en place par les arboriculteurs, présente un grand intérêt pour limiter le développement de la tavelure. L'association de différentes méthodes de réduction d'inoculum et des schémas de raisonnement permettent la diminution du nombre de traitements anti-tavelure notamment pour les traitements d'été.

Besoin : Pommier – se protéger du puceron cendré

Innovation : Produit naturel (argile) et nouvel itinéraire technique

Direct & Indirect

Adaptation de l'itinéraire technique du pommier pour limiter les attaques de puceron cendré (*Dysaphis Plantaginea*)

■ Origine de la demande

Nombreux problèmes rencontrés par les producteurs de pommes en AB, face au puceron cendré, ravageur très préjudiciable. Les produits autorisés sont les huiles minérales en sortie d'hiver et des insecticides de contact en saison, mais dont l'efficacité reste très limitée sur ce type de puceron.

■ Perturber le cycle biologique du puceron

Le GRAB a travaillé sur une stratégie originale basée sur la perturbation du cycle biologique du puceron cendré. En effet, celui-ci effectuant à l'automne son vol de retour vers les feuilles du pommier (son hôte primaire) afin de s'alimenter et de pondre, les stratégies testées visent à perturber ce retour du puceron vers les pommiers.

Une première technique testée entre 1997 et 2001 de défoliation manuelle des arbres a abouti à la diminution du nombre de foyers de pucerons au printemps de l'année suivante.

Une seconde phase testée à partir de 2002, visait à limiter l'appétence des arbres en pulvérisant des argiles à l'automne (kaolinite calcinée et kaolinite crue), le but étant de former une couche protectrice d'argile sur les feuilles de pommiers.

■ Des résultats prometteurs

L'argile kaolinite calcinée SURROUND® WP apporte une efficacité moyenne de 50%. Et l'argile kaolinite calcinée ARGICAL® apporte **une efficacité de 75 %**.

L'argile kaolinite calcinée appliquée en automne permet de perturber le cycle biologique du puceron *D. plantaginea* sans toutefois pénaliser les arbres. Il s'agit en effet d'un produit neutre, dont l'action est simplement physique en créant une barrière protectrice sur les feuilles des arbres. Cette technique innovante permet aux arboriculteurs de maîtriser le puceron cendré du pommier, et même de réduire les traitements d'hiver à base d'huile et les traitements insecticides de saison.

Beaucoup de pucerons ravageurs de nos cultures ont des cycles biologiques analogues, et cette technique pourrait également être efficace. Des travaux sont donc prévus au GRAB pour élargir le champ d'application de cette technique à d'autres cultures.

L'appropriation a été très rapide : en une année un grand nombre d'arboriculteurs se sont mis à pratiquer cette technique (commande groupée d'argile, etc...).

Besoin : rééquilibrer l'écosystème pour réduire la pression des ravageurs

Innovation : choix d'espèces végétales ciblées attirant une faune fonctionnelle

Indirect

Aménagement de l'environnement des cultures pour attirer les insectes auxiliaires

■ Revenir aux fondamentaux

Face aux déceptions rencontrées avec la lutte biologique, la forme dite « par conservation » consistant à modifier l'environnement pour augmenter le cortège de prédateurs et parasitoïdes prend toute sa place. Cette agroécologie permet d'avoir une approche globale à l'échelle de l'exploitation, et également une baisse des coûts de production à moyen terme.

■ Une meilleure connaissance des processus agroécologiques

Des travaux parallèles sont menés sur oliviers et pommiers. La démarche consiste à identifier les ravageurs-clés (respectivement mouche et carpocapse), leurs prédateurs et parasitoïdes connus, et les plantes relais sur lesquelles ceux-ci se développent pour les mettre en place à proximité des cultures. Des suivis botaniques permettent de connaître le comportement sur la durée de certaines espèces semées. Les suivis entomologiques permettent de comparer les communautés présentes sur les différentes parcelles.

■ Diversifier pour réguler

Les travaux d'agroécologie requièrent un laps de temps important pour en tirer des résultats applicables à la profession. Les premiers résultats montrent d'ores et déjà une réponse rapide de certains insectes ciblés (prédateurs généralistes) ; la réponse des hyménoptères parasitoïdes (plus spécialisés) est plus aléatoire, et aussi liée à nos capacités d'identification. Les inventaires permettent de mettre en évidence un grand nombre d'espèces de Chalcidiens, mais pas toujours les espèces les plus spécifiques des ravageurs.

Les premières conclusions sont toutefois établies : la diversification de la végétation aux abords des cultures augmente la diversité en taxons et donc l'intérêt écologique de la faune auxiliaire vis-à-vis des ravageurs.

Besoin : Pommier – se protéger du puceron cendré

Innovation : Produit naturel (argile) et nouvel itinéraire technique

Direct & Indirect

Enherber pour moins travailler

■ Entretenir sa ligne

L'entretien de la ligne de plantation est très souvent assuré par le passage d'outils de travail du sol. Cette technique est efficace et facile à mettre en œuvre. Le travail mécanique a néanmoins des inconvénients d'un point de vue pédologique et agronomique (limitation possible de l'activité biologique du sol et de l'enracinement superficiel), environnemental (coût énergétique de la traction mécanique) et économique.

L'installation d'un enherbement semé permanent, couvrant, ras est une alternative que nous avons expérimenté en veillant qu'il ne soit pas défavorable au développement des arbres.

■ Semer pour contrôler

L'enherbement de la ligne de plantation peut avoir de nombreux bénéfices pour le sol et la fertilisation, par exemple grâce à l'utilisation de Légumineuses restituant de l'azote. Le bilan agronomique d'un enherbement de la ligne de plantation dépend de nombreux facteurs : espèce en production, âge du verger, choix de l'espèce semé, conditions pédo-climatique, pression locale en rongeurs...

Afin de mieux cerner les avantages et limites de cette technique, deux essais ont été mis en place en 2004 sur des parcelles adultes de pêcher et d'abricotier. Ils ont ensuite été inscrits dans un réseau national de 18 sites expérimentaux (Projet Sol AB).

ABRICOT : Suivi de l'évolution de quatre types d'entretien de la ligne de plantation avec 4 espèces différentes sur un verger adulte dans le Gard entre 2007 et 2010.

PECHER : La méthode de travail du sol est comparée à un enherbement avec du Trèfle blanc. Le suivi de nombreux paramètres de performances agronomiques (couverture au sol, rendement, calibre, qualité des fruits, etc.) et des propriétés du sol (**vers de terre**, porosité, fertilité chimique, disponibilité en eau, etc.) a été entrepris depuis 2004.

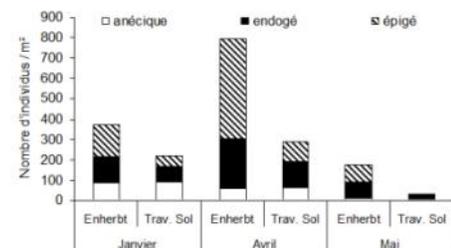
■ Des enherbements économes

De 1998 à 2006, le GRAB a quantifié la vitesse d'espèces semées sur le rang ainsi que leur effet sur des pommiers adultes. Après huit années d'observation de 13 espèces semées, quatre d'entre elles ont été sélectionnées pour leurs propriétés couvrantes, leur vitesse d'implantation et l'absence d'effets notables sur la croissance végétative des arbres : féтуque élevée méditerranéenne, féтуque ovine, achillée millefeuille et le dactyle.

ABRICOT : La féтуque ovine a connu un fort taux de recouvrement du sol, une vitesse d'implantation intéressante et permis une aération du sol. Il n'a pas été mis en évidence de concurrence envers les arbres par rapport aux autres enherbements testés.

PECHER : Les restitutions d'azote par le Trèfle permettent de diminuer par deux les intrants azotés sans affecter significativement le rendement et le calibre des fruits. Une plus forte porosité est observée sur le sol enherbé avec du Trèfle, suggérant un intérêt du tapis racinaire de l'enherbement. Il a été mis en évidence dans la modalité enherbée une plus forte densité de vers de terre épigés et endogés et un rôle positif sur le développement des monilioses deux années sur quatre. La pérennité du Trèfle n'est toutefois pas assurée dans notre situation.

La quantification des avantages et des limites de l'enherbement vont maintenant permettre de travailler les améliorations possibles (pilotage de l'irrigation, machine adaptée, etc.).



Besoin : Lutter contre les champignons en fruitier

Innovation : Aromathérapie

Direct

Du parfum dans les vergers

L'utilisation des huiles essentielles (HE) en santé humaine et animale a donné lieu à de nombreuses recherches et à des applications intéressantes, par exemple pour les mammites des ruminants. En production végétale, l'aromathérapie est beaucoup moins développée. Pourtant certaines HE ont des propriétés antifongiques puissantes. Depuis 2005, le GRAB explore leurs potentiels en arboriculture.

■ Des huiles essentielles contre maladies cryptogamiques

Les premiers tests d'Huiles Essentielles ont été réalisés à différentes concentrations en boîtes de Pétri sur des cultures de champignons. 7 Huiles stoppant le développement de champignons ont ainsi été retenues.



Fumagine de *Metcalfa pruinosa*
sur kiwi



Monilia laxa sur fleurs d'abricotiers



Tavelure du pommier et poirier



■ Comment les appliquer ?

Un travail préalable aux traitements des huiles essentielles sur feuillage et sur fruits est l'observation de leur phytotoxicité à différentes **concentrations**. Des HE appliquées à 4 concentrations (5%, 1%, 0,5% et 0,1%) ont par exemple été testées sur feuilles et fruits de kiwis. A 0,5% différentes huiles entraînent de la phytotoxicité. A **0,1%** aucune phytotoxicité n'a été constatée.

-Trois **diluants** (alcool à 15°, huile végétale de colza « Naturen » et lécithine de soja) ont été testés avec ces 9 huiles. Une phytotoxicité plus forte est observée sur feuilles et fruits avec les diluants de lécithine de soja et l'huile végétale de colza. **L'alcool à 15°** semble être approprié pour diluer les huiles essentielles sans provoquer de brûlure. Pour la persistance des HE, des **adjuvants** ont été testés. L'ajout de savon « Biosoap » n'est pas retenu. L'argile a un effet neutre.

■ Des résultats à approfondir

Les huiles essentielles de clou de girofle à 0,1% et de Palmarosa à 0,1%, diluées avec de l'alcool, ont permis de limiter le développement de fumagine sur feuilles et fruits de kiwis (2008). Ces résultats sont obtenus après 3 traitements.

En verger d'abricotier, l'Huile Essentielle d'Origan compact à différentes concentrations n'a pas permis de limiter le très fort développement du *Monilia laxa* en 2011. De même pour l'HE de Sarriette des montagnes testée sur tavelure de pommiers en pots. Des essais de pulvérisation d'HE sur foyer de Puceron lanigère du pommier sont aussi en cours

La volatilité des huiles essentielles combinée à la puissance de leurs effets nécessite de persévérer pour trouver les bons itinéraires et conditions d'application. Des contacts sont aussi en cours avec des chercheurs pour mieux comprendre le mode d'action de ces huiles.



Besoin : disposer de ressources génétiques adaptées

Innovation : Une nouvelle variété de pomme proposée

Systeme

Garance® Lespin cov, une variété pour la Bio !

Le choix variétal reste un levier technique déterminant pour les arboriculteurs biologiques. L'offre actuelle ne donne pas satisfaction, au regard de l'attention et des traitements nécessaires, qui écartent le verger de son objectif de durabilité environnementale. Le rendement, le calibre ou la couleur ont été les critères exclusifs de sélection depuis 30 ans, au détriment de la rusticité des variétés. La gamme variétale doit être retravaillée dans le contexte actuel, adaptée aux multiples formes de production : les critères de sélection variétale ne sont pas hiérarchisés de la même manière selon qu'on valorise en circuit court ou en circuit long.

■ Des ressources génétiques peu exploitées

Les travaux de création variétale, privés ou publics, se basent surtout sur les ressources génétiques de variétés commerciales pour conférer aux hybrides des performances. La base génétique des possibilités est fortement réduite. Le tri des hybrides obtenus s'opère au regard des performances agronomiques (rendement, rapidité de mise à fruit), laissant sur le carreau beaucoup d'obtentions moins performantes mais plus adaptées à l'AB.

■ 10 ans d'évaluation

Garance® Lespin cov est issu de ce vivier d'hybrides non retenus pour la filière conventionnelle. Le pommier est un croisement fait par Jean-Marie Lespinasse (INRA Bordeaux) dans les années 1990.

Il a été mis en évaluation dans des vergers à très faibles niveaux d'intrants en 2000, par un réseau de partenaires (GRAB, INRA Gotheron, Invenio, Gabnor).

Dix ans plus tard, après des observations et comparaisons entre variétés, Garance® Lespin cov s'est avérée une candidate particulièrement prometteuse pour le sud de la France, tant par sa rusticité vis-à-vis du puceron cendré et de l'oïdium, que par sa résistance (Vf) à la tavelure, sa qualité gustative et sa capacité de conservation en froid normal.



Garance® Lespin cov
Fruit rouge vif, d'aspect rustique

■ Une variété plébiscitée

Les plants sont en cours de fabrication par les pépinières Castang, et seront disponibles pour l'hiver 2015-2016. Une commande groupée a été organisée et a rassemblé à ce jour près de 40 producteurs.

Besoin : Produits alternatifs pour la lutte contre le Carpocapse

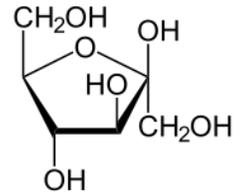
Innovation : Infradose de sucre

Direct

Pause sucrée avant 10h pour dérouter les bio-agresseurs

Du sucre pour perturber les bioagresseurs

La pulvérisation foliaire de sucres réalisée avant le début de la photosynthèse (avant 10h) pour favoriser leur passage dans la cuticule, engendre des mécanismes physiologiques complexes aboutissant à une résistance systémique de la plante à un bioagresseur ou plus généralement à un stress. Les sucres font partis des molécules élicitrices générées par une plante agressée.



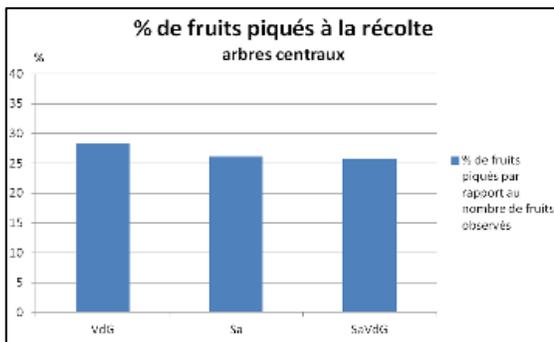
Des essais en laboratoire et quelques tests in situ ont montré que différents sucres, à des concentrations très basses, pouvaient perturber le comportement des femelles de deux lépidoptères : la pyrale du maïs et le carpocapse du pommier-poirier.

Le GRAB et plusieurs partenaires ont entamé l'expérimentation d'infra doses de certains sucres pour limiter les dégâts du carpocapse du pommier en région sud et en viticulture sur mildiou et scaphoïdeus (*Scaphoïdeus titanus* vecteur de la Flavescence dorée).

Mise en application efficace en arboriculture

Les essais réalisés chez deux arboriculteurs où la pression carpocapse est particulièrement forte, nous ont permis de montrer l'efficacité des sucres.

- en 2012 : résultats similaires aux traitements classiques de virus de la granulose avec applications de saccharose à 100 ppm (1g pour 10 l) et pourtant les cadences d'application sont deux fois moins importantes pour le sucre (tous les 20 jours contre une fréquence de 10 jours pour le virus de la granulose).



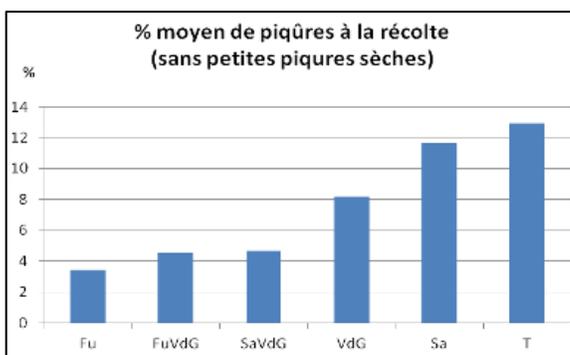
VdG : Virus de la Granulose

Sa : Saccharose 100ppm

SaVdG : Saccharose et Virus de la Granulose

- en 2013 : les applications de fructose 100ppm ont permis de limiter de façon surprenante les dégâts de carpocapse sur Gala, en comparaison à des traitements à base de virus de la granulose. Les résultats du saccharose 100ppm n'ont pas été aussi intéressants.

Il semble qu'il y ait une réponse différente entre les différents sucres selon les variétés.



Ces résultats sont très encourageants. Nous continuons à travailler ces infra doses de sucres sur le terrain, pour affiner les résultats et surtout pour préciser des techniques utilisables par les arboriculteurs.

T : témoin non traité

Sa : Saccharose 100ppm

VdG : Virus de la Granulose

SaVdG : Saccharose et Virus de la Granulose

FuVdG : Fructose et Virus de la Granulose

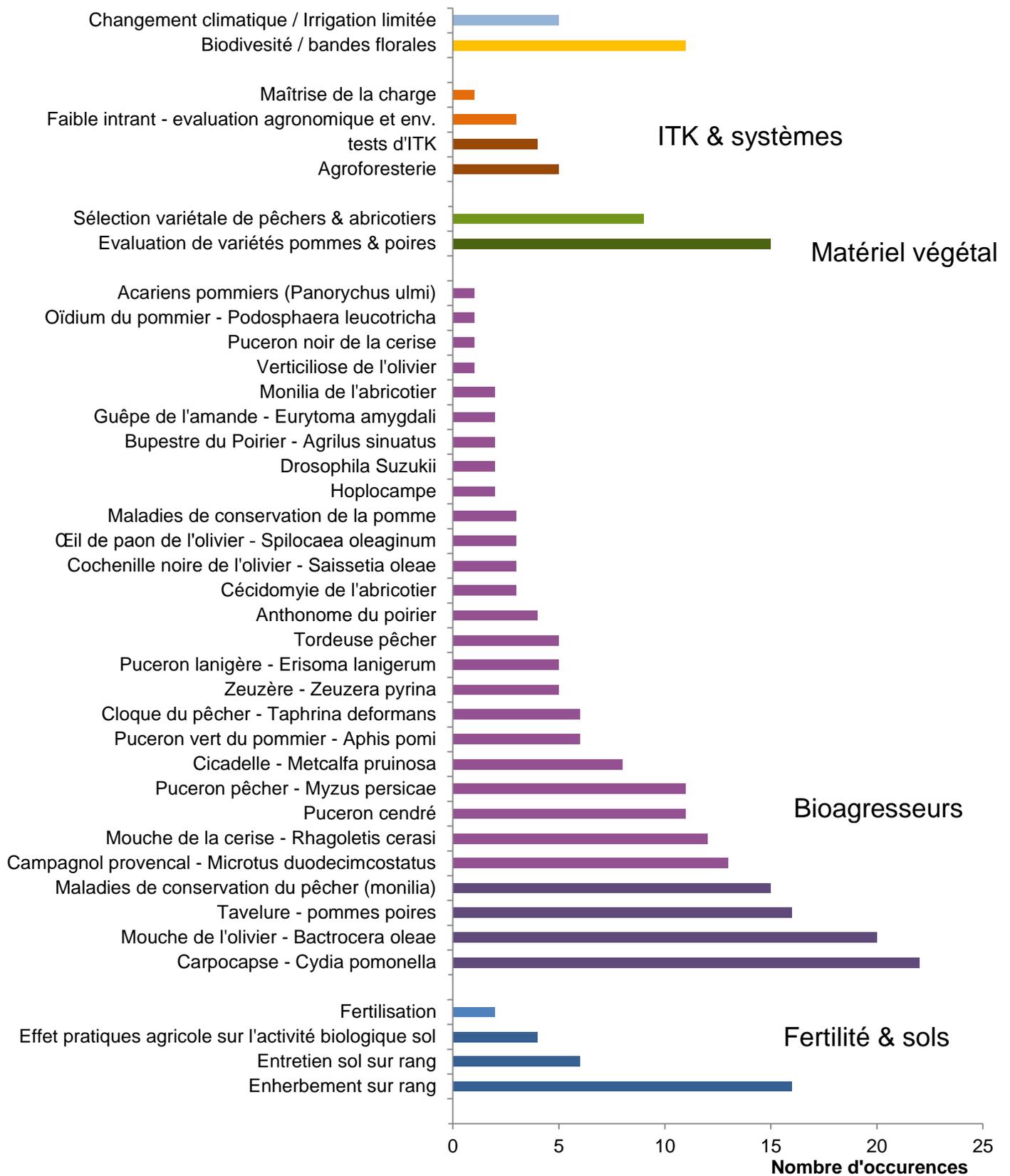
Fu : Fructose

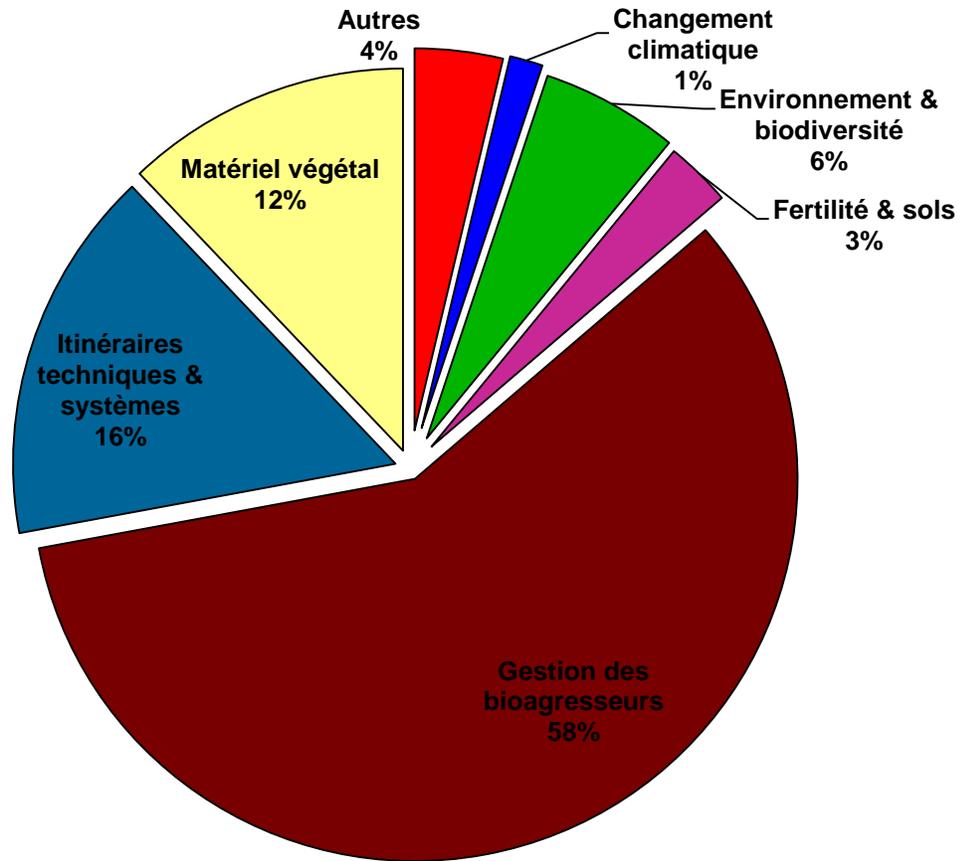
Arboriculture : Synthèse des actions depuis 1986

Les expérimentations menées au GRAB

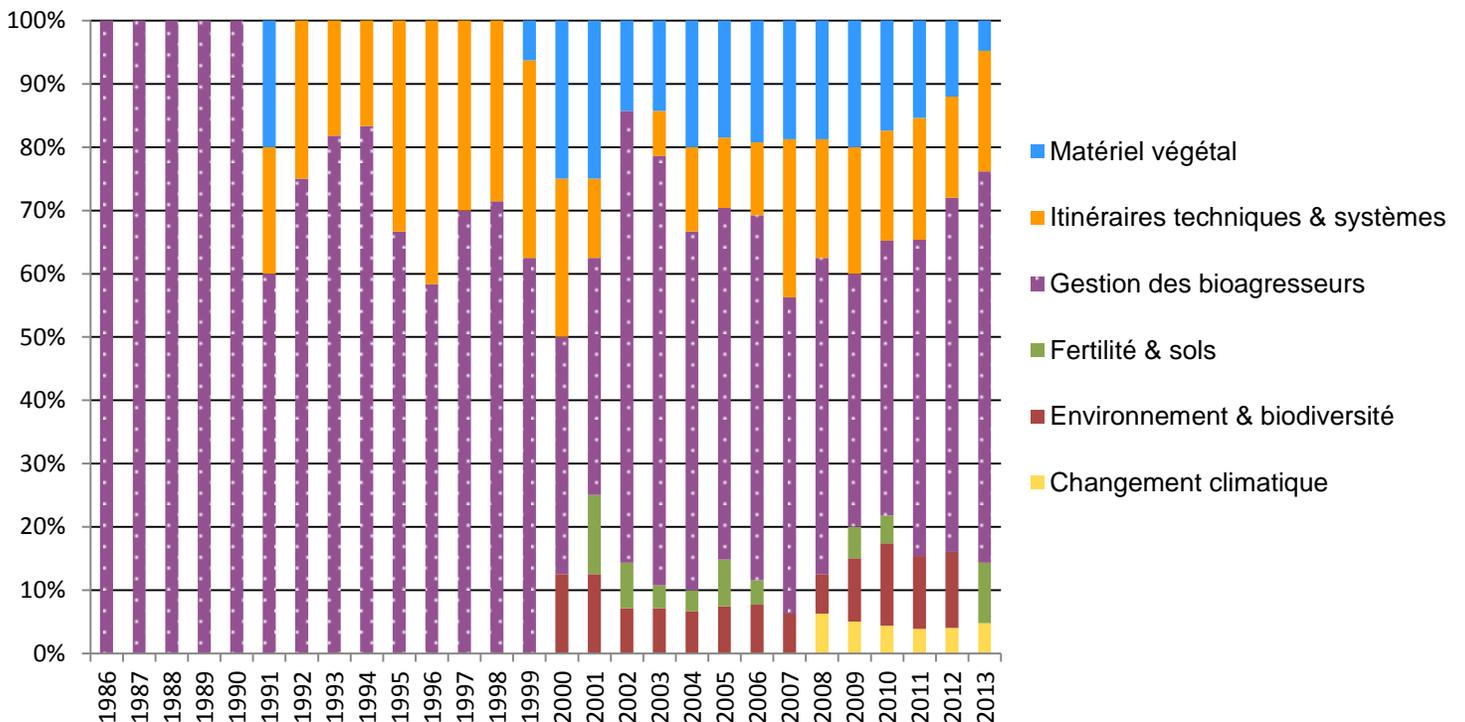
Action / Expérimentation GRAB

ARBORICULTURE	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total	
Fertilité & sols																														
Enherbement sur rang																														16
Entretien sol sur rang																														6
Effet pratiques agricole sur l'activité biologique sol																														4
Fertilisation																														2
Bioagresseurs																														
Carpocapse - <i>Cydia pomonella</i>																														22
Mouche de l'olivier - <i>Bactrocera oleae</i>																														20
Tavelure - pommes poires																														16
Maladies de conservation du pêcher (monilia)																														15
Campagnol provençal - <i>Microtus duodecimcostatus</i>																														13
Mouche de la cerise - <i>Rhagoletis cerasi</i>																														12
Puceron cendré																														11
Puceron pêcher - <i>Myzus persicae</i>																														11
Cicadelle - <i>Metcalfa pruinosa</i>																														8
Puceron vert du pommier - <i>Aphis pomi</i>																														6
Cloque du pêcher - <i>Taphrina deformans</i>																														6
Zeuzère - <i>Zeuzera pyrina</i>																														5
Puceron lanigère - <i>Erisoma lanigerum</i>																														5
Tordeuse pêcher																														5
Anthonome du poirier																														4
Cécidomyie de l'abricotier																														3
Cochenille noire de l'olivier - <i>Saissetia oleae</i>																														3
Œil de paon de l'olivier - <i>Spilocaea oleaginum</i>																														3
Hoplocampe																														2
Drosophila Suzukii																														2
Bupreste du Poirier - <i>Agrilus sinuatus</i>																														2
Guêpe de l'amande - <i>Eurytoma amygdali</i>																														2
Puceron noir de la cerise																														1
Oïdium du pommier - <i>Podosphaera leucotricha</i>																														1
Acariens pommiers (<i>Panonychus ulmi</i>)																														1
Verticilliose de l'olivier																														1
Matériel végétal																														
Evaluation de variétés pommes & poires																														15
Sélection variétale de pêchers																														9
ITK et systèmes																														
Agroforesterie																														5
ITK																														4
Faible intrant - evaluation agronomique et env.																														3
Proposer des systèmes en rupture technique																														1
Biodiversité / bandes florales																														11
Changement climatique / Irrigation limitée																														5

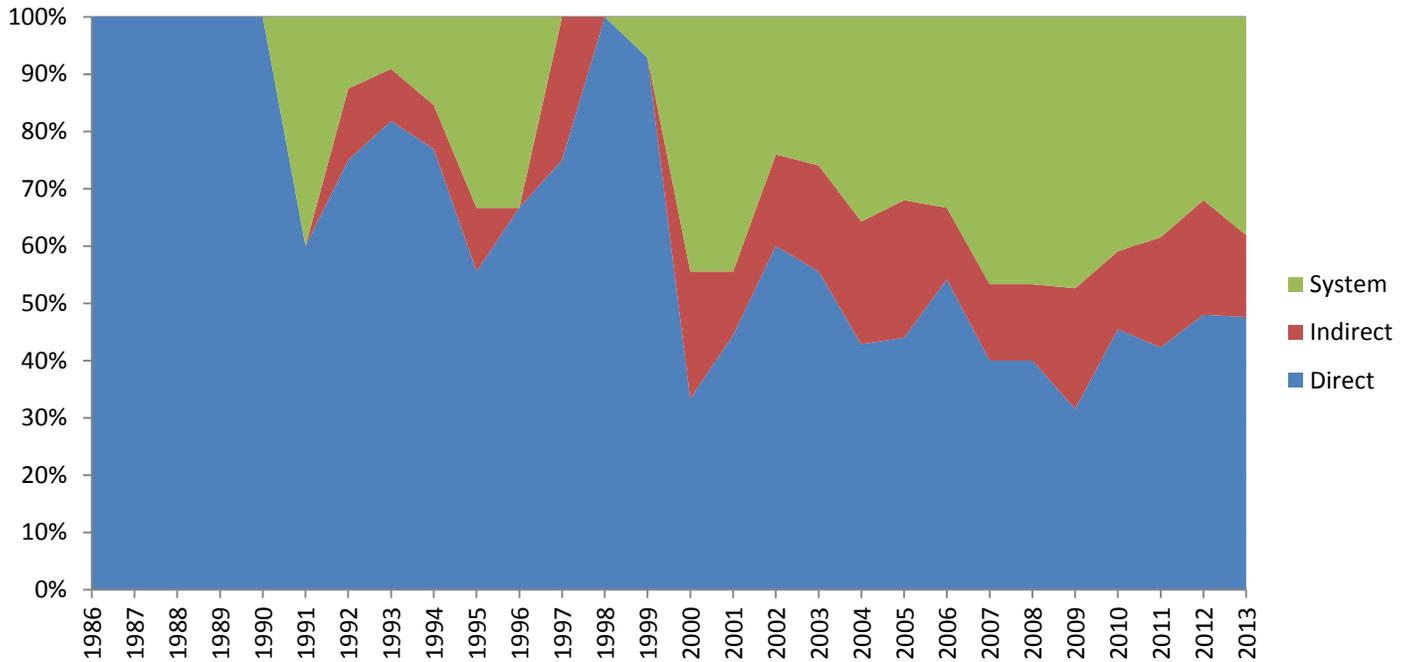




Thématiques de recherche en Arboriculture entre 1986 et 2013



Arbo - Evolution de l'approche expérimentale entre 1986 et 2013



Maraîchage : Zooms Innovabio

■ Itinéraires techniques destinés à limiter l'impact des nématodes à galles
p. 17



■ Lutte contre les escargots et les limaces: alternatives au métaldéhyde ?
p. 18

■ Acariens ravageurs en maraîchage biologique: Lutte biologique et brumisation
p. 19



■ Des fleurs pour des prédateurs
p. 20

■ Explorer la biodiversité et revaloriser la biodiversité de pays
p. 21 & 22



■ Fertiliser les légumes avec des plantes
p. 23 & 24

■ Le GRAB en chiffres : synthèse des actions et expérimentations
p. 25



Besoin : limiter les dégâts des nématodes à galles

Innovation : Nouveaux itinéraires techniques et nouveaux produits

Système

Itinéraires techniques destinés à limiter l'impact des nématodes à galles

■ Les nématodes : des ravageurs coriaces

Les nématodes à galles (*Meloidogyne spp.*) sont des ravageurs particulièrement coriaces : la durée de leur cycle est courte (3 à 8 semaines), ils sont très polyphages (cultures **et** adventices), et peuvent descendre profondément dans le sol, ce qui rend la lutte très difficile. Les dégâts sont particulièrement importants en maraîchage sous abri, où la succession rapide de cultures sensibles et les températures élevées favorisent leur développement. Le problème est tout aussi important en agriculture conventionnelle car la disparition progressive des principaux produits efficaces (bromure de méthyle) rend incontournable la recherche de solutions alternatives, respectueuses de l'environnement.

■ De la combinaison de techniques à l'approche système

Depuis 1997, le GRAB étudie différents moyens de lutte contre *M. incognita* et *M. arenaria* utilisables en AB, en étroite collaboration avec des organismes de recherche (IRD de Montpellier, INRA, CRITT) et des partenaires privés (sociétés de semences d'engrais verts, d'amendements organiques...): tourteaux végétaux (neem et ricin), extraits d'ail et d'oignon, Engrais verts nématocides (*Tagetes patula* et *minuta*, crotalaires, *Mucuna*, radis fourrager...), micro-organismes : champignon nématophage *Arthrobotrys*.

Les résultats de ces techniques s'avèrent assez aléatoires et insuffisants notamment dans les sites très infestés. L'avenir de la lutte contre les nématodes à galles en agriculture biologique passe par l'association de plusieurs techniques : raisonnement de la rotation, avec cultures de plantes non-hôtes ou résistantes (porte-greffes), désinfection (vapeur, solarisation), utilisation de tourteaux ou de la biofumigation (association amendement et solarisation), engrais verts nématocides et utilisation de micro-organismes. A partir de 2002, le GRAB a ainsi orienté ses travaux vers des essais de combinaisons de plusieurs moyens de lutte afin d'optimiser leur efficacité et d'évaluer l'effet cumulatif de ces techniques sur plusieurs années. L'association des différentes techniques augmente l'efficacité des traitements mais reste cependant insuffisante en conditions de forte infestation, où la question des rotations culturales s'avère cruciale.

Depuis 2008, de nouveaux systèmes de rotation, incluant des plantes non hôtes ou mauvais hôtes des nématodes (telles que la mâche ou l'oignon) sont donc à l'étude, de façon à proposer des alternatives aux producteurs confrontés à des gros problèmes d'infestation.

Le GRAB poursuit parallèlement ses recherches afin d'évaluer d'autres méthodes non testées jusqu'à présent : champignons nématophages (*Arthrobotrys*), espèces d'engrais verts nématocides (ricin, sésame, mélilot...), biofumigation ... pour les intégrer dans une stratégie globale de lutte.

■ Repenser son système

- Bons résultats obtenus avec l'utilisation de tourteaux végétaux
- Sélection d'espèces d'engrais verts nématocides adaptées à des conditions de culture estivales sous abri
- Itinéraires techniques, incluant l'insertion de cultures mauvais hôtes dans les rotations
- Expérience éprouvée de la méthodologie pour des essais nématologiques.



Meloidogyne spp.

Besoin : Trouver des produits alternatifs

Innovation : Produit alternatif

Direct

Lutte contre les escargots et les limaces : alternatives au métaldéhyde ?

■ Comment pallier à la suppression du métaldéhyde ?

Les attaques des gastéropodes provoquent des destructions de semis, de jeunes plantations mais aussi des dégâts sur le feuillage et les tiges, ainsi que des souillures et des perforations de tubercules. Si les producteurs conventionnels arrivent souvent à limiter les dégâts grâce aux traitements chimiques, les solutions à la disposition des producteurs biologiques sont généralement plus contraignantes et moins efficaces. Aujourd'hui, la différence entre ces modes de production devient d'autant plus importante que l'évolution réglementaire prévoit la suppression de dérogation pour l'emploi du métaldéhyde à partir du 31 décembre 2006. Suite à cette interdiction, les producteurs biologiques se trouveront face à la question : comment limiter les pertes pour continuer à produire ?

■ Evaluation de nouveaux produits alternatifs

Des contacts ont été pris avec des experts nationaux et internationaux étudiant les gastéropodes et leur contrôle. Un protocole inspiré de la méthode CEB a été soumis à ces experts, approuvé et mis en place sur la station expérimentale du GRAB à Avignon. Les produits testés ont été choisis grâce à une bibliographie. Cette prospection a permis au GRAB d'être parmi les premiers organismes français à tester l'orthophosphate de fer. Des produits alternatifs (extraits d'ail, café dilué) n'ont montré aucune efficacité molluscicide.

■ Des sensibilités variables mais un produit mieux connu

Le mode d'action de l'orthophosphate de fer, désormais homologué en France, est mieux connu. Il apparaît que ce produit entraîne une mortalité des escargots importante dans des conditions optimales (petits individus, atmosphère sèche). Après un lessivage par une aspersion, l'action est plus lente (5 jours de plus pour atteindre une efficacité équivalente au métaldéhyde en piège). Les gros escargots semblent aussi beaucoup moins sensibles à l'orthophosphate de fer. L'application du produit a pu être optimisée : apport en plein juste après la plantation, concentrer les apports sur les bords de la parcelle, renouveler après une irrigation ou une pluie. La connaissance du produit et les contacts nombreux avec le distributeur français nous ont permis de réfléchir ensemble à des conditionnements adaptés aux producteurs (ce qui limite les coûts pour ce produit encore cher), à l'utilisation de doses réduites et à des applications optimisées (notamment en grandes cultures).



Besoin : Limiter les dégâts d'Acariens

Innovation : Nouvelles stratégies biologiques et brumisation

Direct

Acariens ravageurs en maraîchage biologique: Lutte biologique et brumisation

■ Des acariens dans les tunnels

Dans le Sud de la France, l'acarien *Tetranychus urticae* constitue un problème préoccupant en maraîchage biologique, particulièrement en culture sous abris de Solanacées et Cucurbitacées : les pertes de rendement peuvent être très importantes, notamment en région à climat estival chaud et sec (Provence). Les méthodes de lutte en Agriculture biologique étaient très restreintes et ne constituaient pas des solutions fiables et économiquement satisfaisantes.

■ Combiner produits alternatifs, auxiliaires et pratiques culturales

En situation de climat sec (Provence), l'installation des auxiliaires dans la culture est souvent effective mais presque toujours insuffisante face à l'explosion des populations de tétranyques ; de plus, c'est une solution coûteuse. Le soufre utilisé en poudrage a une action insuffisante et présente de nombreux effets secondaires indésirables. Différents travaux de recherche, ont été conduits sur Solanacées et Cucurbitacées au GRAB à partir de 2000 : ils ont permis de tester des stratégies de lutte associant des produits biologiques et des auxiliaires (*Neoseiulus californicus*, *Phytoseiulus persimilis* et *Feltiella acarisuga*); ils ont également intégré la pratique des brumisations, qui permettent de modifier le climat sous serres (réduction des températures et augmentation de l'hygrométrie).

■ Des attaques moins importantes et un rendement amélioré

La pratique des brumisations permet de corriger le climat trop sec et trop chaud des abris et apporte une réelle efficacité : elle limite très fortement la gravité des attaques en retardant le développement des tétranyques; elle améliore également la protection contre d'autres ravageurs grâce à une meilleure installation de certains auxiliaires (*Orius laevigatus* contre thrips, *Aphidius ervi* contre pucerons...). Grâce à ce meilleur état sanitaire, le rendement de la culture est nettement amélioré. Cette méthode présente également d'autres avantages : croissance souvent plus rapide et plus équilibrée des plantes, qualité commerciale supérieure, confort de travail amélioré pour le personnel.



Tetranychus urticae

Besoin : Trouver des alternatives à la lutte biologique classique

Innovation : Bandes fleuries inter-tunnels

Indirect

Des fleurs pour des prédateurs

Le défi : favoriser la présence des auxiliaires indigènes

La protection des cultures maraîchères sous abri est difficile en agriculture bio. La lutte biologique classique, par lâchers d'auxiliaires, limite les dégâts des ravageurs avec une efficacité variable. Et elle peut s'avérer onéreuse. Avec un coût de 0,15€ par individu (*Macrolophus caliginosus*), cette lutte contre les aleurodes peut atteindre 3 000€/ha en culture de tomate.

Des essais du GRAB ont aussi montré que la lutte biologique contre les acariens tétranyques (*Tetranychus urticae*), par des lâchers d'acariens prédateurs phytoséides (*Phytoseiulus persimilis* et *Neoseiulus californicus*), était clairement insuffisante, dans les conditions de culture provençales (températures très élevées et faible hygrométrie dans les abris).

Nous avons donc cherché une pratique innovante qui permettrait de favoriser les populations indigènes de punaises prédatrices d'acariens et d'aleurodes par des bandes florales entre tunnels.

Le bon choix des fleurs

Une importante bibliographie a permis un recensement d'espèces végétales spontanées accueillant des punaises mirides et leur servant de refuge en hiver. Les critères de sélection des espèces ont été leur adaptation aux conditions pédoclimatiques et leur préexistence en Provence, la possibilité d'un approvisionnement en graines à un coût raisonnable, des plantes herbacées et non hôtes de virus touchant les principales cultures (TSWV, CMV...).

22 espèces ont ainsi été retenues et semées entre les tunnels de la station du GRAB en 2007 et 2008. Pour réduire la charge de travail des producteurs, le semis a été choisi plutôt que la plantation sur paillage. Des parcelles pures de chaque espèce ont été semées. Aucun désherbage n'a été réalisé et l'irrigation limitée au premier mois. Les espèces ont donc été placées dans des conditions assez difficiles.

Parmi les espèces candidates, 3 ont montré un réel potentiel d'implantation et une capacité à favoriser les punaises auxiliaires sans multiplier les phytophages : le souci (*Calendula officinalis*), l'**inule visqueuse** (*Dittrichia viscosa*) pour *Macrolophus* et *Dicyphus* et le Geranium pour *Dicyphus*.

Les travaux se concentrent depuis 2009 sur ces espèces avec des bandes florales de surface supérieure, avec des dispositifs d'implantation variés (semis ou plantation, mélange d'espèces) sur la station du GRAB et chez 3 agriculteurs (ici **M. Tamisier** confiant devant ses **Soucis**).



Des résultats vite adoptés

Les observations de 2009 et 2010 ont permis de vérifier l'intérêt de maintenir les bandes florales plusieurs années. Les espèces semées favorisent en effet la présence de *Macrolophus* à proximité des tunnels, tôt en saison.

Les populations de punaises prédatrices capturées sont assez hétérogènes d'un site à l'autre, et d'une année sur l'autre pour le même site. Mais dans les bandes florales leurs quantités sont toujours supérieures au témoin en enherbement spontané.

La conduite de ces bandes florales (semis/plantation, entretien) reste à affiner. Mais avant même que la dernière étape de cette expérimentation permette de mesurer l'impact de ces bandes florales sur la réduction des populations de ravageurs dans les abris, la pratique des bandes fleuries a très vite séduit les agriculteurs que certains ont améliorée.



Besoin : évaluer les variétés en conditions bio
 Innovation : Des références pour l'aide à la décision

Système

Explorer la biodiversité cultivée

Le nombre très élevé d'espèces et de variétés de légumes cultivés dans le Sud-Est constitue une vraie richesse permettant d'assurer une large biodiversité cultivée. La demande par les maraîchers de références en bio est très élevée. Une production échelonnée de légumes diversifiés est possible grâce à des calendriers de culture variés et des équipements adaptés (abris et plein champ). L'utilisation de variétés rustiques ou tolérantes est une priorité, de préférence avec des semences biologiques.

■ Evaluer la gamme des variétés proposée

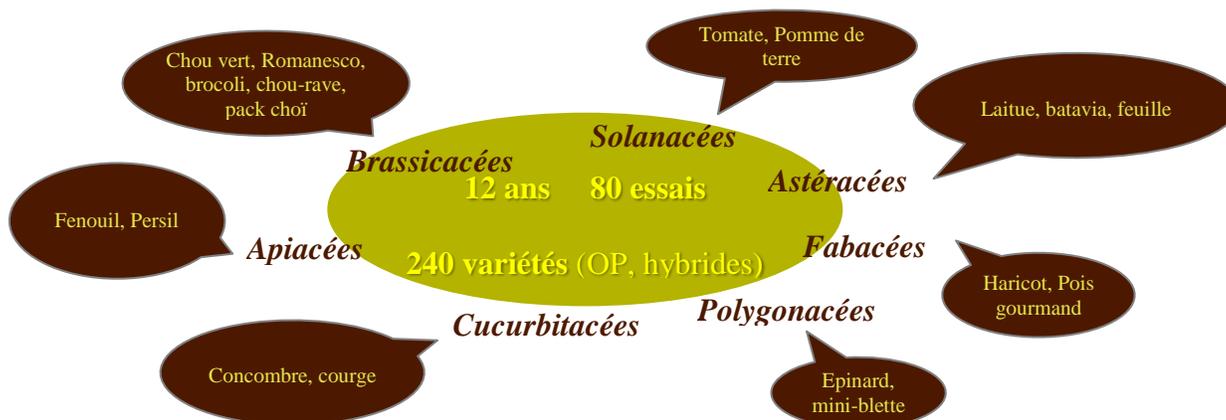
Depuis 2000, le GRAB évalue le comportement en culture bio des variétés pour leur adaptation à différents créneaux de production (calendriers variés, productions sous abris et plein champ). L'objectif est notamment de garantir un approvisionnement régulier et diversifié de légumes de bonne qualité gustative, en privilégiant des variétés disponibles en semences biologiques.

Les principaux critères étudiés sont la qualité gustative, le rendement, la résistance au froid et aux attaques de ravageurs et maladies. Ce travail répond également à l'impératif de pratiquer des rotations afin de limiter les attaques de ravageurs ou de maladies spécifiques des légumes.



Choux en plein champ

■ Une exploration très large des espèces légumières



■ Valorisation et partenariats intenses

Ce travail est réalisé en étroite collaboration avec les maraîchers bio et avec des instituts (Ctifl, ITAB), des stations d'expérimentation (APREL, IBB...) et des sociétés de semences. Il s'insère aussi dans des projets européens (SOLIBAM, ALCOTRA), nationaux ou régionaux.

Les variétés ont été présentées sous de multiples formes aux agriculteurs, techniciens : visites d'essais, conférences (Miffel), réunions, articles de presse, bulletins techniques, réseau national de criblage variétal en semences potagères biologiques.

■ Un système évolutif



120 variétés de tomates évaluées

Chaque année, de nouvelles espèces s'intègrent à ce dispositif. En 2012, l'évaluation portera sur l'oignon botte, la pomme de terre sous abris, la patate douce, la pastèque, le melon charentais, et de nouveaux types de choux (Pet Sai, chou rouge, chou vert pointu et chou-fleur)... De plus, une nouvelle méthodologie complétera ces évaluations, en développant un réseau de sélection participative associant Italie et France pour revaloriser le patrimoine régional.

Besoin : Réappropriation et valorisation de la ressource génétique patrimoniale

Innovation : Evaluation participative

Systeme

Revaloriser la biodiversité de pays

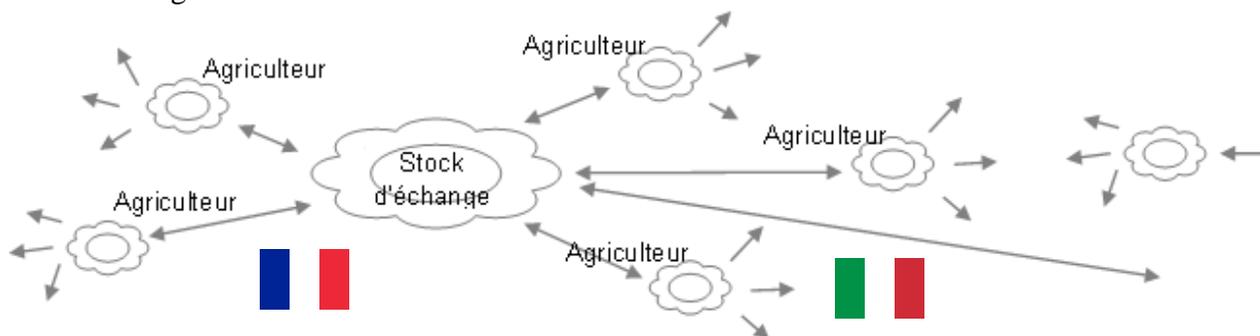
L'écorégion de l'arc Alpin est historiquement riche en légumes. Les maraîchers, notamment en circuits de distribution de proximité, doivent répondre aux exigences complexes du consommateur en intégrant des critères nutritifs et organoleptiques, de la diversité, de l'authenticité et le respect de l'environnement. Depuis 2011 un nouveau projet* vise à réduire l'érosion génétique en revalorisant des variétés de légumes «de pays» des régions PACA et Piémont (Italie).



Carde de Provence4

■ Une recherche participative

Une quinzaine de variétés endémiques de la région ont été retrouvée chez des agriculteurs et des passionnés de jardinage et au Centre de Ressources Génétique en légumes (CRB) de l'INRA. Afin de déterminer l'intérêt, y compris économique, de relancer ces variétés, les critères de sélection et la recherche des itinéraires adéquats sont définis avec les agriculteurs.



Dès 2012, 15 agriculteurs français ont répondu pour multiplier et revaloriser ensemble les variétés choisies via leurs circuits de distribution. Les sélections participatives conviant agriculteurs, conseillers, chercheurs et consommateurs, les rencontres franco-italiennes, les formations, les visites et autres rencontres sont autant d'occasions d'échanger sur les pratiques culturelles, les besoins, les directions à envisager pour le réseau.

Ces échanges et ces multiplications in situ, redonnent à l'agriculteur son rôle d'essaimier et participe ainsi au maintien et à l'enrichissement de la biodiversité cultivée.



Poivron carré de
Lagnes

■ Un partenariat diversifié

Le projet initié par le CRAB (Centro di Riferimento in Agricoltura Biologica) en Italie fonctionne grâce à la collaboration étroite avec les agriculteurs et les consommateurs des 2 régions, une aide précieuse du CRB légumes de l'INRA PACA, l'animation technique du GRAB pour les aspects techniques, et de LIBRE et de Bio de Provence pour les aspects communication.

■ Une structuration en devenir

Suite aux déboires des finances publiques italiennes, le GRAB assume la conduite du projet. Quinze nouveaux agriculteurs souhaitent rejoindre le réseau français. Une étude va être réalisée sur sa structuration juridique. Des recherches sur les variétés encore cultivées dans la région continuent et 2 nouvelles variétés seront insérées.



Rencontre du réseau

Besoin : Autonomie et gestion de la fertilité
Innovation : Engrais verts sous abris

Indirect

Fertiliser les légumes avec des plantes ?

Les engrais verts font partie intégrante de la gestion de la fertilité des sols, pilier fondamental du mode de production en agriculture biologique. Ceux-ci permettent notamment d'introduire une biodiversité « inter-culturelle » dans les rotations, et de contribuer au maintien et à l'amélioration des qualités agronomiques et structurales des sols.

Dans le Sud-Est de la France, le créneau principal pour introduire les engrais verts sous abris est l'été, après des cultures de printemps, ou des cultures d'été courtes (melon, courgette). Les références locales sur le choix des engrais verts sur ce créneau se sont beaucoup étoffées ces 10 dernières années (essais GRAB, PAIS, Centrex, Serail, APREL). Elles ont montré l'intérêt de certaines espèces comme le sorgho fourrager, le sarrasin ou le moha de Hongrie. Cependant, d'autres espèces, comme les légumineuses, ont été beaucoup moins étudiées en engrais verts. Elles présentent pourtant le double avantage de pouvoir améliorer la disponibilité en azote « gratuit » du sol, et de permettre une bonne coupure dans la succession des cultures maraîchères car cette famille est assez peu présente dans les rotations.



Engrais vert de Sorgho

Le GRAB a donc repris des essais sur les engrais verts en 2013 en ciblant les espèces de la famille des légumineuses, sur le créneau estival sous abri et automnal en plein champ. Les objectifs de ces essais sont 1) d'améliorer les références sur le choix des engrais verts en maraîchage, 2) d'évaluer le comportement agronomique et l'intérêt de légumineuses, en tant que précédent favorable pour les fournitures d'azote et 3) de comparer le potentiel de différentes espèces, seules et en mélange.

■ Un premier screening des légumineuses pour l'été

Cet été, nous avons observé dans un essai de type « screening », avec 21 modalités réparties dans 4 tunnels, le comportement de 9 légumineuses, seules (pour 2 d'entre elles) ou en mélange avec une espèce utilisée comme « tuteur », principalement des graminées ou du sarrasin (voir tableau). Les semis ont eu lieu début juillet, et la coupe environ 50 jours après.

	Seul	Graminées					Polygonées
		Sorgho	Millet	Avoine brésilienne	Moha	Sarrasin	
Seul							
Niébé	■	■	■	■	■	■	
Lablab	■	■	■	■	■	■	
Pois fourrager		■	■	■	■	■	
Gesse				■	■	■	
Millet jaune				■	■	■	
Vesce commune		■	■	■	■	■	
Vesce pourpre				■	■	■	
Trèfle d'Alexandrie			■	■	■	■	
Trèfle de Perse			■	■	■	■	

■ espèce seule ■ 2 espèces ■ 3 espèces

Les conditions ont été particulièrement sélectives sur le développement des légumineuses : température moyenne journalière de 24,5 °C sur la durée de l'essai avec des maxima journaliers supérieurs à 30°C, et forte pression des adventices. Dans ces conditions, le niébé et le lablab, espèces tropicales, se sont très bien développées. Parmi les espèces « locales », le pois s'est le mieux comporté, le trèfle d'Alexandrie a bien germé mais a été rapidement étouffé par les adventices et les autres espèces ont été quasiment absentes (faible germination et

étouffement). Le pouvoir concurrentiel des légumineuses face aux adventices est assez limité, mais leur association avec un tuteur diminue fortement l'enherbement. Cependant, le sorgho (à 20 kg/ha) et le millet (à 12 kg/ha) en association laissent peu de place à la légumineuse qui représente moins de 10% de la biomasse des mélanges à la récolte.

Quelques résultats obtenus sur les engrais verts dans l'un des tunnels, biomasses fraîche et sèche produites au bout de 56 jours de culture et teneurs en azote, sont présentés ci-dessous. Le sorgho fourrager et le millet sont

de loin les engrais verts les plus productifs. Du côté des légumineuses, le lablab produit 2 fois plus de biomasse que le niébé, mais leur teneur en azote n'est pas plus importante que celle des autres engrais verts.

Dans 2 modalités de ce tunnel (à base d'avoine brésilienne, vesces et trèfle) seul du pourpier, très productif !, s'est développé.

■ Des effets positifs sur la culture suivante

Dans ce tunnel d'essai, nous avons implanté une culture de salade pour évaluer l'impact des différents engrais verts. Ils ont été broyés et enfouis le 20 août, et la culture de salade a été plantée le 1er octobre, récoltée le 5 décembre.

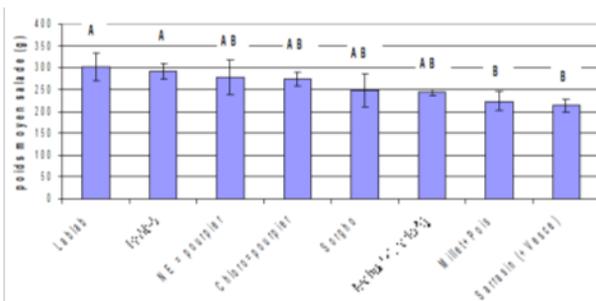
Les résultats obtenus sont statistiquement différents : les légumineuses seules génèrent le meilleur rendement avec un poids moyen de salade de 300 g, le millet et le pois sont les moins bons précédents avec 220 g, alors que la référence sorgho fourrager donne un résultat intermédiaire, similaire à celui du moha ... et du pourpier !

Engrais vert	MF (t/ha)	MS (t/ha)	% N
Sorgho	7,7	13,4	0,8
Niébé	2,2	3	1,3
Lablab	4,8	6,9	1,4
Millet + Pois	12,7	16,5	1,5
Moha (+trèfle)	3,1	6,6	1,2
Sarrasin (+vesce)	2,3	3,8	1,1
Nature extra (avoine b - vesce) = POURPIER	9,0	7,11	1,6

Les effets d'un engrais vert ne sauraient être réduits au seul effet nutrition sur la culture suivante, mais il apparaît dans cet essai, que conformément à ce que l'on pouvait attendre, les légumineuses sont de meilleurs précédents. Cet effet n'est pas lié à une fourniture d'azote plus importante, d'autant que nous n'avons observé de nodosités sur aucune des légumineuses présentes dans l'essai, mais probablement à une minéralisation plus rapide de ces plantes. Leur intérêt est donc entier dans une

approche de gestion de la fertilité des sols et de réduction potentielle des intrants.

Les essais doivent se poursuivre, en ciblant sur les légumineuses ayant un réel potentiel de développement sous abri l'été et en recherchant de bonnes combinaisons avec des tuteurs moins compétitifs (espèce et densité). L'évaluation de leur effet sur la culture suivante doit également être précisée avec des expérimentations comportant des répétitions.

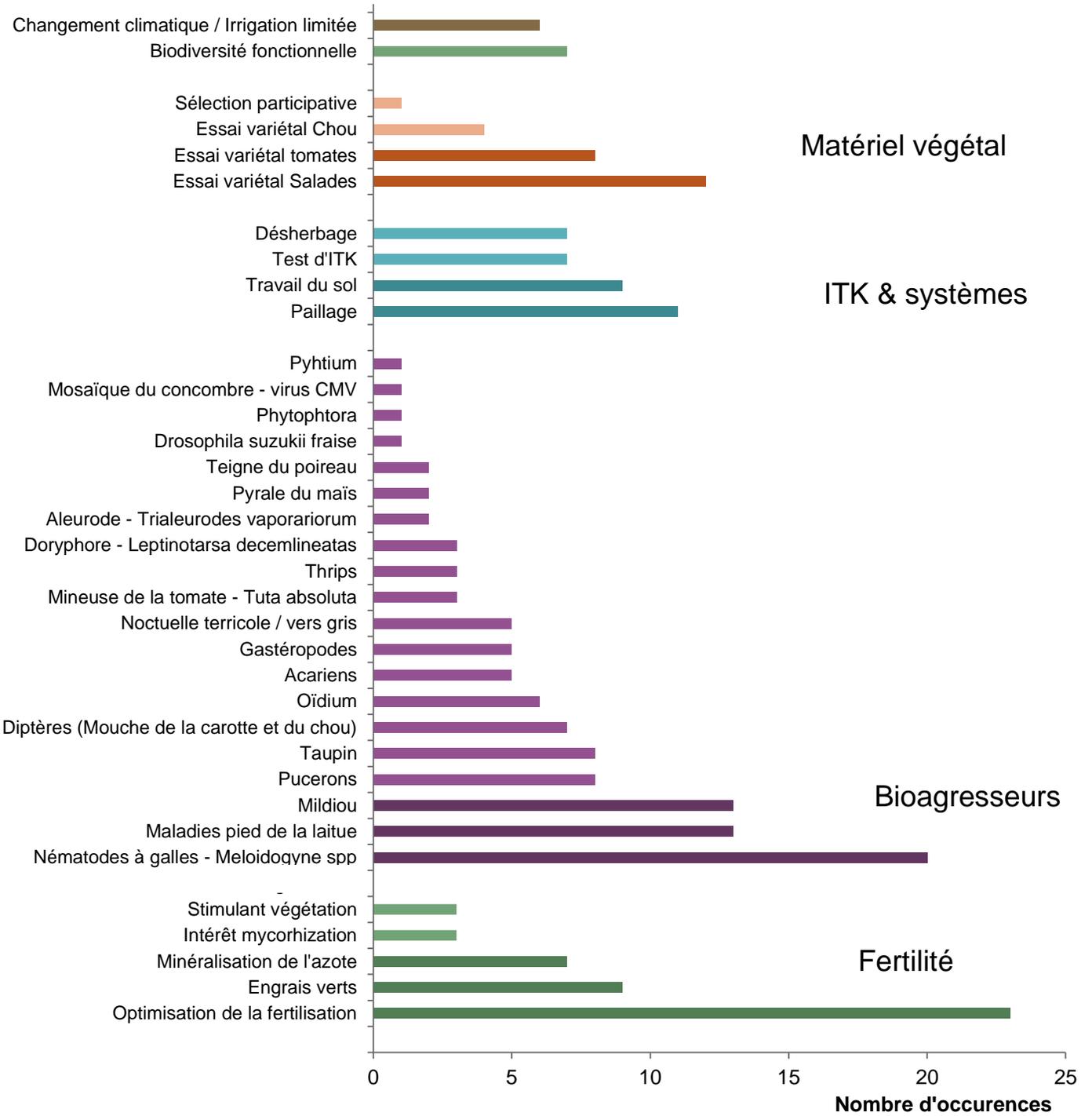


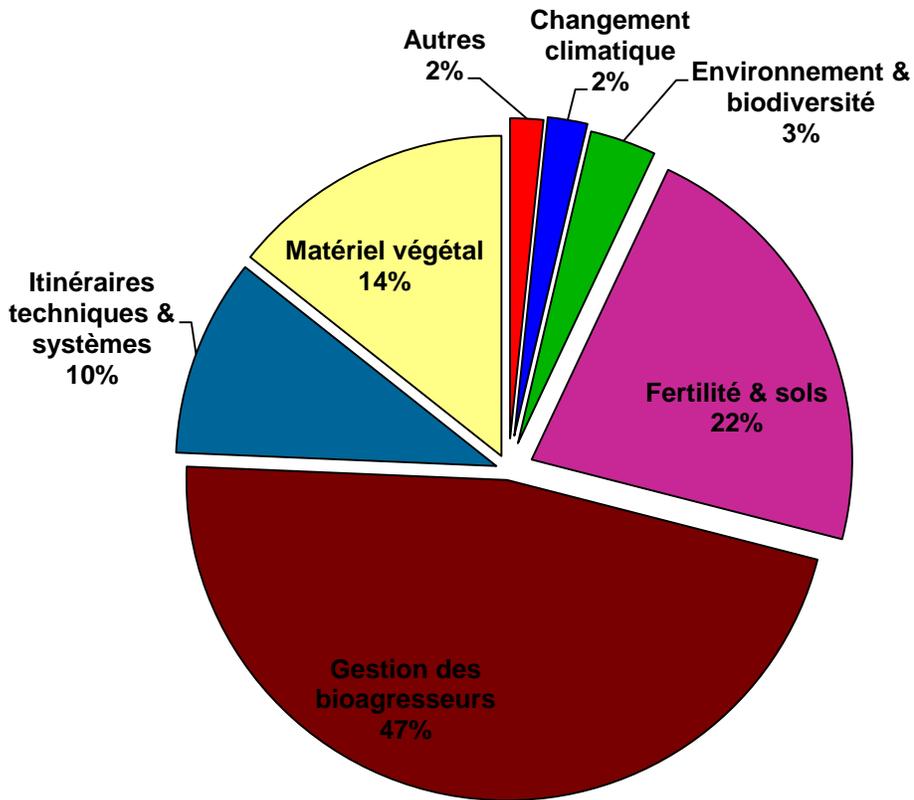
Des essais similaires ont été conduits à l'automne 2013, et le choix de légumineuses adaptées est beaucoup plus important... à suivre !

Maraîchage : Synthèse des actions depuis 1986

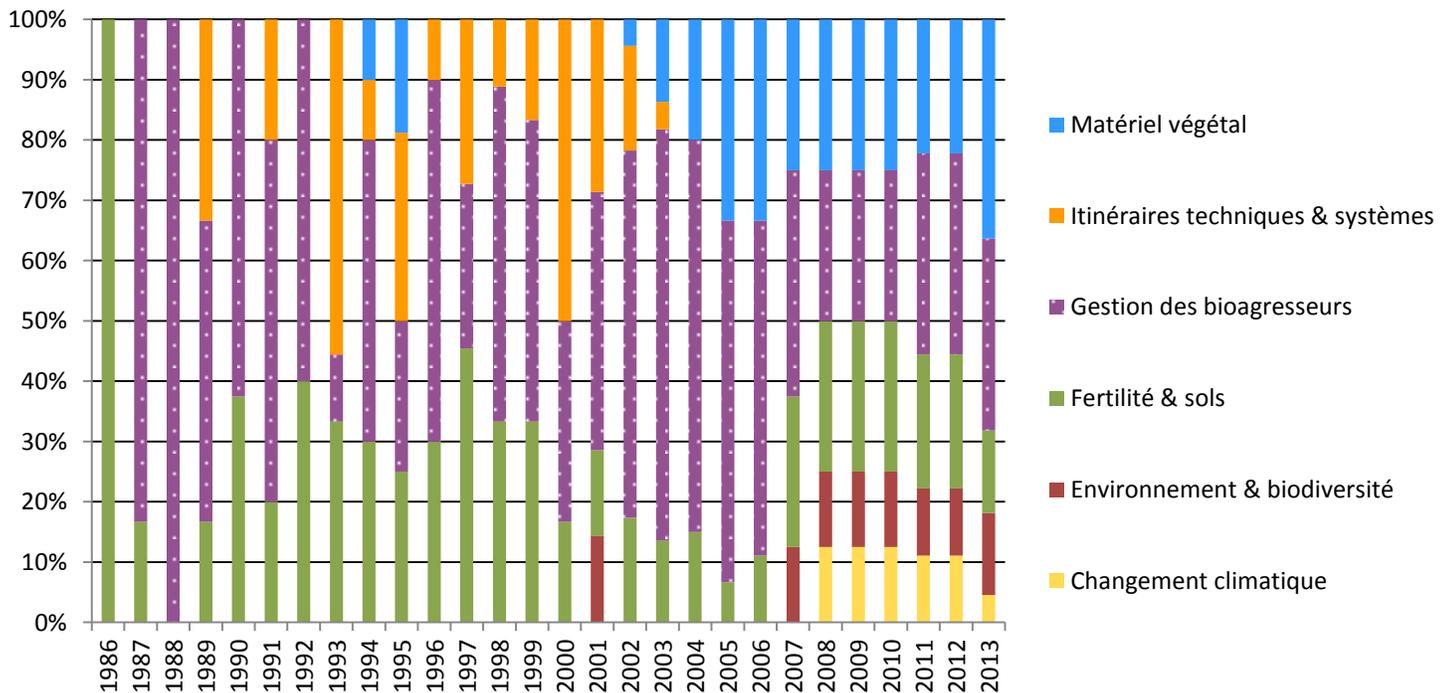
Les expérimentations menées au GRAB

THEMES MARAICHAGE	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total		
Fertilité & sols																															
Optimisation de la fertilisation																														23	
Travail du sol																														9	
Engrais verts																														9	
Minéralisation de l'azote																														7	
Intérêt mycorhization																														3	
Stimulant végétation																														3	
Bioagresseurs																															
Nématodes à galles - <i>Meloidogyne spp</i>																														20	
Maladies pied de la laitue																														13	
Mildiou																														13	
Pucerons																														8	
Taupin																														8	
Diptères (Mouche de la carotte et du chou)																														7	
Oidium																														6	
Acariens																														5	
Gastéropodes																														5	
Noctuelle terricole / vers gris																														5	
Mineuse de la tomate - <i>Tuta absoluta</i>																														3	
Thrips																														3	
Doryphore - <i>Leptinotarsa decemlineatas</i>																														3	
Aleurode - <i>Trialeurodes vaporariorum</i>																														2	
Pyrale du maïs																														2	
Teigne du poireau																														2	
Drosophila suzukii fraise																														1	
Phytophthora																														1	
Mosaïque du concombre - virus CMV																														1	
Pythium																														1	
ITK et systèmes																															
Paillage																															11
Test d'ITK																															7
Désherbage																															7
Matériel végétal																															
Salades																															15
Tomates																															10
Choux plein champs																														4	
Choux sous abris																														7	
Cucurbitacées																														3	
Diversification hiver																														9	
Diversification printemps																														3	
Patate douce																														2	
Sélection participative																														1	
Biodiversité fonctionnelle																															7
Changement climatique / Irrigation limitée																															6

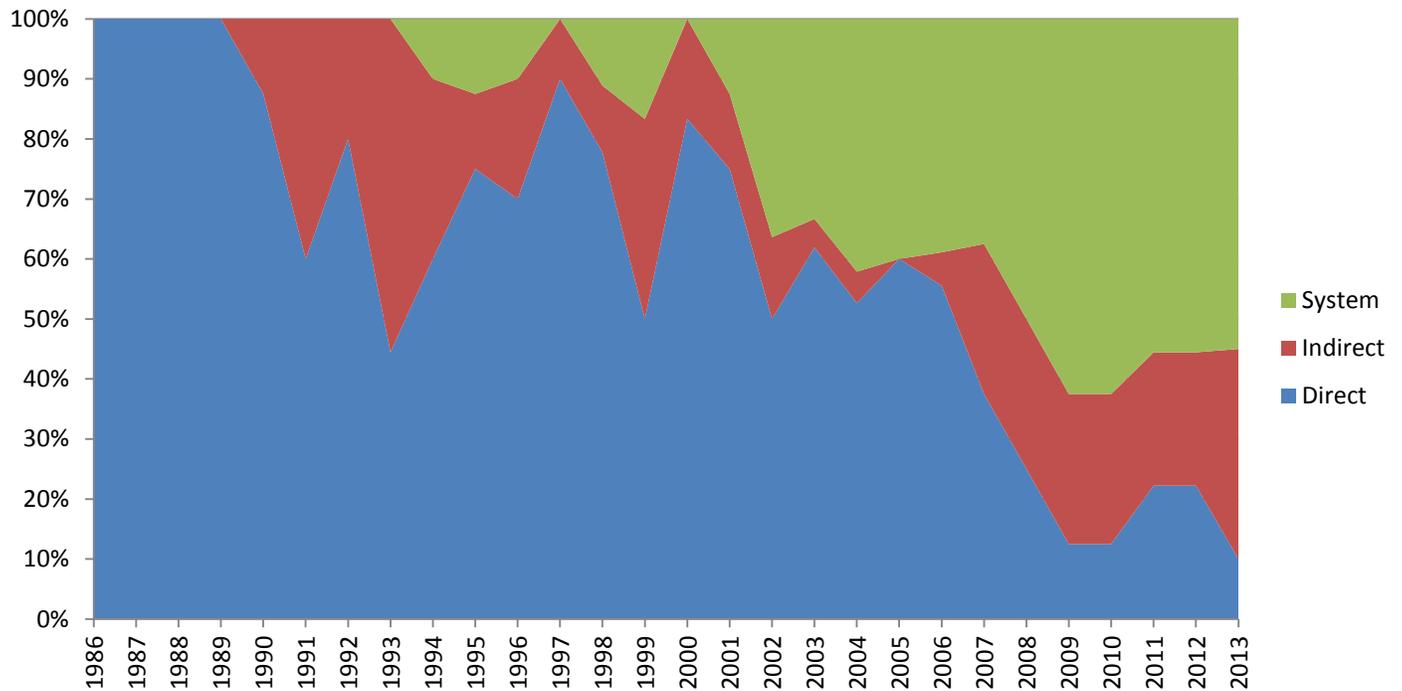




Thématiques de recherche en maraîchage entre 1986 et 2013



Maraîchage - Evolution de l'approche expérimentale entre 1986 et 2013



Viticulture : Zooms Innovabio

■ Recherche d'alternatives au cuivre contre le mildiou de la vigne
p. 30



■ Des cépages qui tolèrent les maladies
p. 32

■ Rhubarbe et bourdaine dans les vignes
p. 34



■ Une pause sucrée avant 10h pour dérouter les bio-agresseurs
p. 35

■ Le GRAB en chiffres : synthèse des actions et expérimentations
p. 36



Besoin : limiter l'utilisation du cuivre pour se protéger du mildiou
 Innovation : Produits complémentaires et nouvelles stratégies

Direct

Recherche d'alternatives au cuivre contre le mildiou de la vigne

■ Trouver des alternatives crédibles au cuivre

La Viticulture Biologique Européenne dépend fortement de l'utilisation de cuivre contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*, *Pv*). Des apports cumulés d'année en année ont conduit à des teneurs en cuivre dans les sols pouvant atteindre plusieurs centaines de mg de cuivre par kilo de sol.

Sur un plan environnemental, l'agriculture biologique qui s'inscrit dans une volonté d'agriculture durable, ne peut défendre l'utilisation sans raisonnement d'un produit dont on connaît la nocivité sur les sols et la vie qui s'y développe.

Dans ce cadre, nous avons participé au programme européen REPCO (Replacement of copper fungicides in organic production of grapevine and apple in Europe) de 2004 à 2007 avec des essais plein champ en viticulture et nous poursuivons nos travaux sur la recherche de nouvelles mesures de lutte (nouveaux produits, nouvelles stratégies) moins perturbatrices pour l'environnement, afin de maîtriser le mildiou de la vigne.



■ Démarche adoptée

Le projet REPCO est fondé sur la mise en place d'un protocole d'étude multi partenaires. Durant quatre années d'expérimentation, des **produits alternatifs** aux produits cupriques ont été testés (éliciteurs ou action supposée élicitrice, fongicides, antagonistes, biostimulants), utilisés seuls ou en combinaison avec une dose réduite de cuivre. Ces produits ont été choisis avec les différents partenaires du projet REPCO, suite à des tests de screening en laboratoire.

Des essais classiques de tests d'efficacité des produits (testés seuls ou en association avec une faible dose de cuivre) ont été réalisés en comparaison avec une référence cuivre et un témoin non traité. En 2007, des stratégies de protection ont été testées afin d'évaluer l'efficacité de traitements positionnés en période sensible de la vigne au mildiou, c'est-à-dire en encadrement de floraison et à la véraison.

	Produit	Composition
	Référence : témoin non traité	
Fongicides	Champ DP	Hydroxyde de cuivre : 37,5% cu métal
	Kocide 2000	Hydroxyde de cuivre
	Naturam 5	Hydroxyde de cuivre + acides aminés
	Labcuper	Gluconate de Cu (8% de Cu)
	Saponine	Extrait de yucca
Eliciteur	Tisane de saule	Extrait de plante (Salix)
	Chitoplant	Chitosane (chitine de crustacés)
	Timorex	Huile de Tea Tree
	Timorex + Trapper	Huile de Tea Tree + engrais organique
	Inulex	Extrait de plante (Inula viscosa)
Antagonistes	Novosil	Acides triterpéniques de sapin (Abies sibirica)
	Fosfidor	Phosphonate de potassium
	Armicarb	Bicarbonate de potassium
	Trichodex	Trichoderma harzlanum
	Sérénade	Bacillus subtilis
	Clonotri	T. harzlanum / Clonostachis rosea
	Mycosin	Argile
	FertiFeuille	Libiothamne

Nouveaux stimulateurs de défenses naturelles et fongicides susceptibles d'être agréés en AB

- Inventaire des produits candidats pour le contrôle de *Pv*
- Criblage des stimulateurs de défenses et de fongicides
- Développer les modes d'application et les formulations de ces stimulateurs et fongicides

Nouveaux agents de lutte biologique

- Criblage d'antagonistes contre les oospores de *Pv* sur les feuilles en fin de saison
- Test de faisabilité de production de masse

Étude de systèmes intégrés de production

- Minimiser les risques d'apparition de souches résistantes de *Pv* en réponse aux nouvelles méthodes de lutte proposées

Mise en application des moyens de lutte

- Intégration des différents moyens de lutte connus et proposés pour améliorer le contrôle de *Plasmopara viticola* et mise en place d'essai au champ, en condition naturelle d'infestation

■ Des stratégies affinées et des produits complémentaires plutôt qu'alternatifs

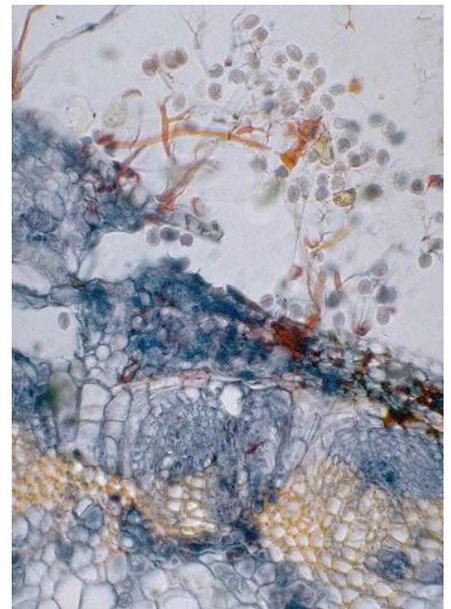
- Ces 4 années d'étude ont souligné l'intérêt de certains produits alternatifs au cuivre dans la maîtrise du mildiou de la vigne. Les éliciteurs, antagonistes, produits biostimulants et fongicides bios constituent une piste intéressante avec des résultats encourageants.

- Il semble difficile de se passer totalement du cuivre mais différentes stratégies permettent de réduire les quantités de cuivre. La première concerne la réduction des doses de cuivre. En effet, les années à faible pression mildiou, les traitements avec un cuivre à dose réduite sont tout aussi efficaces que ceux avec la référence cuivre et permettent de réduire la quantité de cuivre métal apportée. La deuxième stratégie concerne l'association de produits éliciteurs avec le cuivre à dose réduite. Certaines années et notamment lorsque la pression mildiou augmente en fin de saison, les éliciteurs associés à une dose réduite de cuivre permettent d'améliorer l'efficacité du traitement en comparaison avec le cuivre utilisé à dose réduite. Ce type d'association pourrait créer une synergie intéressante entre les éliciteurs et le cuivre à dose réduite. La troisième stratégie concerne l'application de cuivre aux stades les plus sensibles de la vigne (encadrement de floraison et véraison) de manière à limiter le nombre de traitements.

- Certains produits alternatifs au cuivre, autre qu'éliciteurs, ont montré des résultats intermédiaires avec une efficacité inférieure à celle des modalités comprenant du cuivre et une efficacité supérieure à celle des autres produits testés. Il s'agit d'un antagoniste à base de *Trichoderma harzianum*, d'un produit à base d'argile (le Mycosin) et d'un extrait de yucca. Certains produits alternatifs semblent présenter une efficacité satisfaisante en situation de faible pression mildiou ou à une période de moindre sensibilité de la vigne comme en début de saison. C'est le cas du Mycosin et de certains antagonistes comme le Trichodex. Par contre, en situation de forte pression mildiou, certains produits alternatifs tels que le Trichodex présentent une efficacité qui n'est pas satisfaisante d'un point de vue économique.

- Les éliciteurs constituent une piste intéressante : le Chitoplant notamment, à base de chitine de crustacés. De manière générale, en situation de faible pression mildiou, les produits éliciteurs peuvent limiter le développement du champignon au sein du vignoble. Leur action peut être insuffisante en cas de pression plus importante, mais l'association d'un éliciteur avec du cuivre à dose réduite permet d'obtenir une efficacité satisfaisante.

- Les travaux du GRAB sont poursuivis, en mettant l'accent sur la formulation de certains produits, les périodes d'application, les doses utilisées et l'élaboration de stratégies globales associant différents moyens de lutte. CoFree, un nouveau projet européen (2013-2016) permet d'explorer de nouveaux produits et stratégies.



Plasmopara Viticola au microscope

Des cépages qui tolèrent les maladies

■ Histoire des cépages hybrides

La vigne cultivée fait partie du genre *Vitis*. Ce genre se subdivise en plusieurs espèces dont *Vitis vinifera* qui représente l'ensemble des cépages connus en Europe (vigne européenne) et les espèces dites américaines, représentées par plusieurs espèces comme par exemple *Vitis rupestris*, *Vitis riparia*, *Vitis muscadinia*.

La création d'hybrides fut d'abord initiée au début du XIX^{ème} siècle par des vigneron américains désireux d'améliorer la qualité gustative de leur vin en associant les qualités reconnues des vignes européennes avec la tolérance aux maladies des vignes américaines. A cette même époque plusieurs bio-agresseurs de la vigne furent importés en Europe depuis le continent américain. Le phylloxera, l'oïdium, le mildiou et le black-rot sont les plus connus. Le dépérissement de la vigne occasionné par le phylloxera va entraîner à la fin du XIX^{ème} siècle une crise viticole très importante en Europe. Or les espèces américaines sont résistantes aux attaques de phylloxera. On a donc utilisé la technique d'hybridation entre vignes américaines et européennes pour reconstruire le vignoble français. On a tenté, dans un premier temps, de vinifier ces hybrides producteurs directs, mais les vins obtenus étaient trop différents des vins habituels, avec des goûts foxés puissants et peu agréables. On a donc utilisé ces hybrides comme porte-greffe, résistant au phylloxera et les vignes européennes comme greffons. Mais le débat sur les



Vitis muscadinia



hybrides producteurs directs ne s'est pas développé uniquement dans les instances scientifiques de l'époque, il fut aussi sous la dépendance de déterminants socio-économiques: la paysannerie et les petits vignerons étaient attachés aux hybrides producteurs directs, alors que la bourgeoisie privilégiait les grands crus. Suite à ce débat, l'utilisation des hybrides producteurs directs a fortement décliné et peu de moyens ont été développés dans cette voie de recherche pour créer des nouvelles variétés résistantes.

L'intérêt pour l'hybridation renaît au XX^{ème} siècle pour résoudre non seulement des problèmes sanitaires mais également pour maîtriser des facteurs abiotiques et des difficultés technico-économiques. L'émergence d'une demande sociétale vers une agriculture durable et écologique est certainement une des motivations qui pousse la viticulture à s'intéresser aux cépages tolérants aux maladies cryptogamiques.

■ Les cépages tolérants aujourd'hui

La durabilité de la résistance est directement dépendante de la construction génétique de la variété. Cette question de durabilité n'était pas prise en compte au XIX^{ème} siècle. Actuellement les outils mis à disposition pour les généticiens peuvent permettre de savoir si le caractère de résistance est facilement contournable par le bioagresseur considéré. L'objectif est donc de créer des variétés résistantes mais aussi que cette résistance soit durable dans le temps et de limiter ainsi les risques de sélection de bioagresseurs non contrôlés par ces nouvelles obtentions. L'utilisation de biocides chimiques a engendré l'apparition de souches de maladies résistantes. En Allemagne et en Suisse, la diffusion de la variété Regent a entraîné l'apparition d'un mutant de mildiou qui s'est adapté en contournant le gène de résistance qui lui était opposé. Dans ce cas précis, la construction génétique propose une résistance monogénique, c'est-à-dire qu'un seul gène est responsable de la résistance. Les variétés étudiées actuellement ont des constructions génétiques plus complexes et offrent une

résistance dépendant de plusieurs gènes: c'est une résistance polygénique, construction plus robuste au risque de contournement.

■ La collection de Pontéves

La collection installée depuis 2004 au Château Duvivier à Pontéves dans le Var est issue des travaux de l'Inra de Bordeaux. Le suivi de cette collection est assuré conjointement par le GRAB et la Chambre d'Agriculture du Var. Les variétés testées ont été obtenues par hybridation de *Vitis vinifera* et de 7489. L'obtention présente une résistance importante au mildiou. Mais on ne connaît pas l'origine génétique. La thèse de Kim en 1978, confortée par les travaux de l'Inra de Colmar (2011) a pu montrer que la construction génétique de 7489 offrait une résistance «plus complexe que monogénique». En conséquence, les variétés étudiées à Pontéves semblent répondre aux exigences de durabilité de la résistance; il reste à évaluer leurs aptitudes agronomiques et œnologiques.



BX 648

■ Résultats viticoles

Selon un dispositif expérimental approuvé en 2011 par le CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection), cinq génotypes sont évalués pour leurs aptitudes culturales, leur tolérance aux bio-agresseurs et leurs caractéristiques œnologiques, en comparaison au Grenache Noir (témoin sensible) et au Villard Noir (variété résistante connue, servant ici de référence):



BX 9273

Génotype	Croisement
Bx 648	= 7489 x Fer Servadou
Bx 794	= 7489 x Fer Servadou
Bx 9273	= Merlot x 7489
Bx 9265	= (Fer Servadou x 7489) x Merlot
Bx 9364	= Merlot x (Fer Servadou x 7489)
Grenache N	
Villard N	

Les résultats obtenus depuis 2008 montrent que Bx 9265 et Bx 9364 sont trop peu fertiles. Les rendements enregistrés sont trop faibles pour espérer un développement économique viable. Ils ont été éliminés de l'étude.

En l'absence de toute protection phytosanitaire, aucun dégât de mildiou et d'oïdium sur grappe n'a été enregistré sur les trois génotypes candidats à l'inscription et sur le Villard Noir, cépage témoin résistant. En revanche, les rangs de Grenache sans protection phytosanitaire ont toujours été attaqués par le mildiou, entraînant une destruction de la récolte.

■ Des rosés prometteurs

Les différentes variétés ont été vinifiées en rosé au Centre de Recherche sur les Vins Rosés à Vidauban. Les résultats montrent que les vins obtenus à partir des 3 variétés tolérantes, candidates à l'inscription, présentent de bonnes qualités visuelles et organoleptiques. Ils n'ont pas le caractère attendu des vins rosés de Provence, mais offrent des aptitudes œnologiques très encourageantes qu'il faudra étudier en introduisant ces différents génotypes dans des assemblages.



Tâches nécrosées de mildiou sur Bx 794

Besoin : Diminuer l'impact du mildiou
 Innovation : Stimulation des défenses naturelles

Indirect

Rhubarbe et bourdaine dans les vignes

La grande majorité de cépages cultivés est très sensible au mildiou. Les différentes possibilités pour réduire le nombre d'interventions consistent à prendre en compte les paramètres climatiques (outils d'aide à la décision, modélisation), à sélectionner des cépages résistants et à utiliser les potentialités de la plante en stimulant ses défenses. L'application de divers extraits, tisanes ou infusions permet d'induire les mêmes mécanismes de protection que ceux rencontrés chez les cépages résistants.

■ Stimuler les défenses de la plante



Rhubarbe

La simulation des mécanismes de défenses peut se faire par l'application d'éliciteurs, c'est à dire de molécules capable d'induire des réactions de défenses des plantes. Aux sites d'infection, la défense de la vigne se traduit par la production de protéines spécifiques, de métabolites nouvellement synthétisés (phytoalexines), de substances constitutives complexes (callose) capables de limiter ou d'inhiber le développement du mildiou. Une étude menée en 2007 par K. Gindro (Agroscope Changins-Suisse) a ainsi révélé l'action de la bourdaine et de la rhubarbe contre le développement de *Plasmopara viticola*, agent responsable du mildiou.

■ Des plantes élicitrices

La bourdaine (*Frangula alnus*) induirait la synthèse de stilbènes de manière significative, grâce à sa richesse en anthraquinones, contenues principalement dans son écorce.

La rhubarbe (*Rheum officinalis*), est riche en anthraquinones et plus particulièrement sa racine. Elle augmenterait la synthèse de stilbènes.

■ Essais en conditions contrôlées

En 2011 et 2012, le GRAB a évalué des extraits aqueux d'écorce de bourdaine et de racine de rhubarbe.

En 2011, on obtient 41% d'efficacité avec la rhubarbe et 45 % d'efficacité avec la bourdaine. Par contre, additionné d'une faible dose de cuivre (équivalent à 100g Cu/ha), la bourdaine rivalise en efficacité (69,5%) avec le traitement standard à base de cuivre seul (équivalent à 600g Cu/ha).

En 2012, la bourdaine confirme son efficacité avec 47%. La rhubarbe seule décroche, mais conserve une activité antifongique si elle additionnée d'une faible dose de cuivre.



Bourdaine



Fructification de mildiou sur feuilles d'Alphonse Lavallée

■ Des pistes prometteuses

La bourdaine semble présenter une action anti-mildiou. Nos essais préliminaires ont incités des partenaires localisés dans d'autres régions viticoles (Savoie, Sud-Ouest...) à réaliser des expérimentations en plein champ qui semblent déjà confirmer nos résultats. L'effet de la rhubarbe nécessite des résultats complémentaires.

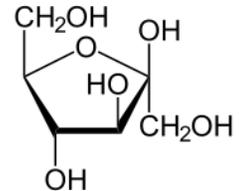
Les essais à venir vont se focaliser sur les solutions aqueuses, en réduisant la quantité de matière sèche mise en œuvre et en augmentant le temps de macération.

Besoin : Produits alternatifs pour contrôler le mildiou et la flavescence dorée
 Innovation : Infradose de sucre

Direct

Pause sucrée avant 10h pour dérouter les bio-agresseurs

La pulvérisation foliaire de sucres réalisée avant le début de la photosynthèse (avant 10h) pour favoriser leur passage dans la cuticule, engendre des mécanismes physiologiques complexes aboutissant à une résistance systémique de la plante à un bioagresseur ou plus généralement à un stress. Les sucres font partis des molécules élicitrices générées par une plante agressée.



Des essais en laboratoire et quelques tests in situ ont montré que différents sucres, à des concentrations très basses, pouvaient perturber le comportement des femelles de deux lépidoptères : la pyrale du maïs et le carpocapse du pommier-poirier. Leur sélection du végétal pour pondre est influencée par la perception des sucres contenus dans la plantes, situés à la surface des feuilles.

Le GRAB et plusieurs partenaires ont entamé l'expérimentation d'infra doses de certains sucres pour limiter les dégâts du carpocapse du pommier en région sud et en viticulture sur mildiou et Scaphoïdeus (*Scaphoïdeus titanus* vecteur de la Flavescence dorée).

■ Le sucre associé au cuivre en viticulture ?

Concernant le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*), l'application de faibles doses de sucres (de 10 à 100mg/l) associée à de faibles doses de cuivre (de 50 à 100g Cu métal /ha) a permis, en milieu contrôlé, de contenir l'attaque du mildiou au même niveau qu'avec l'utilisation de cuivre seul à la dose de 600g Cu métal/ha. Cependant la réponse de la vigne n'est pas identique selon que l'on emploie du saccharose ou du fructose et selon le cépage visé. Ces premiers résultats en conditions contrôlées ne sont pas toujours suivis d'efficacité quand on passe en parcelle de production. Dans le Diois, le GRAB n'a pas obtenu les résultats escomptés : les faibles doses de sucre n'ont pas amélioré l'efficacité du cuivre sur une parcelle de Muscat petit grains.



Scaphoïdeus titanus

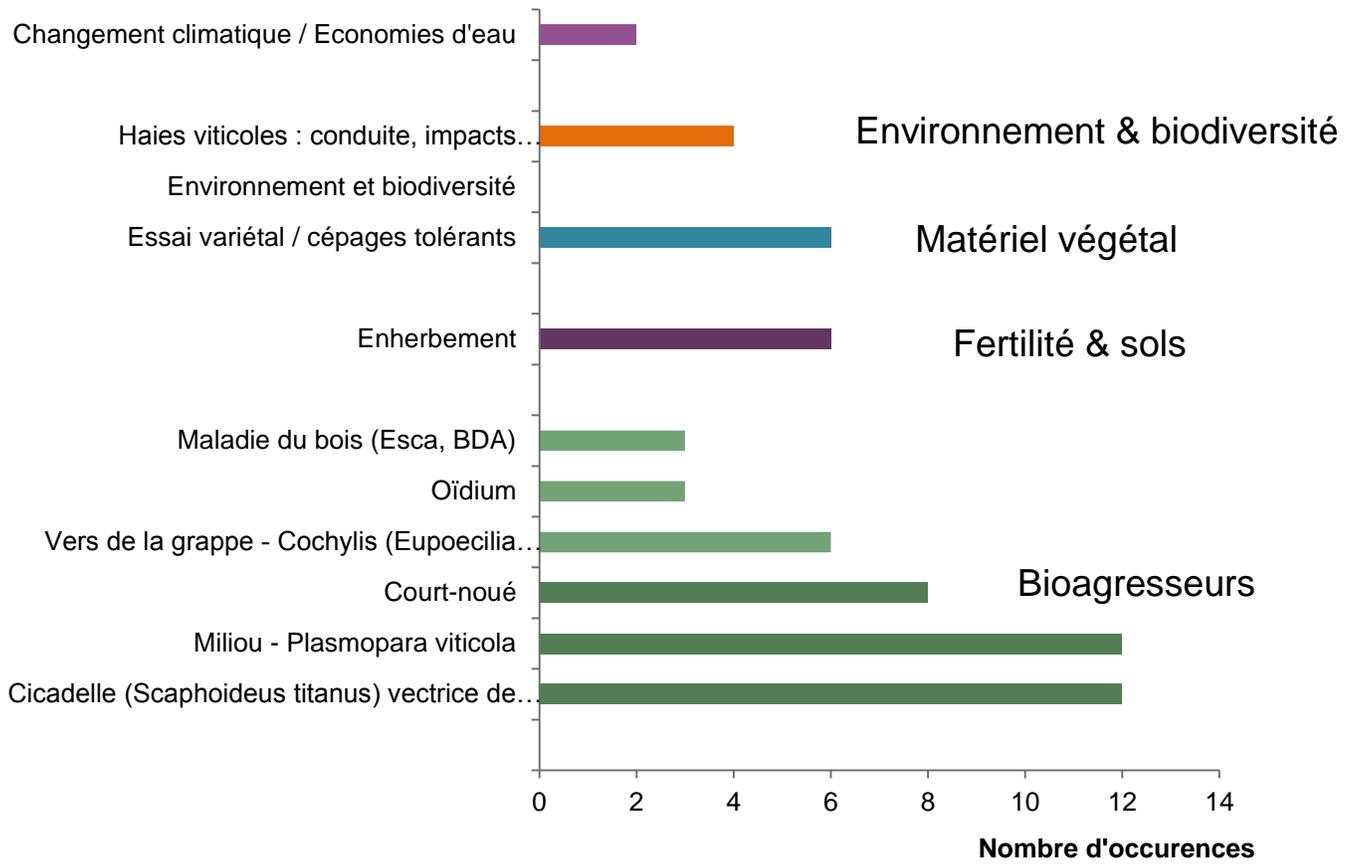
Concernant le contrôle de la cicadelle vectrice de la Flavescence dorée, nous avons pu constater au champ, que trois pulvérisations de faible dose de saccharose (100mg/l) dès l'éclosion des premières larves permet de diminuer la population de *Scaphoïdeus titanus* au même niveau qu'une seule application d'insecticide à base de pyrèthre naturel, seul insecticide homologué en bio pour cet usage. Ces essais doivent être confirmés mais cela laisse envisager une possibilité de diminuer les populations du vecteur avec un produit peu perturbateur pour l'environnement.

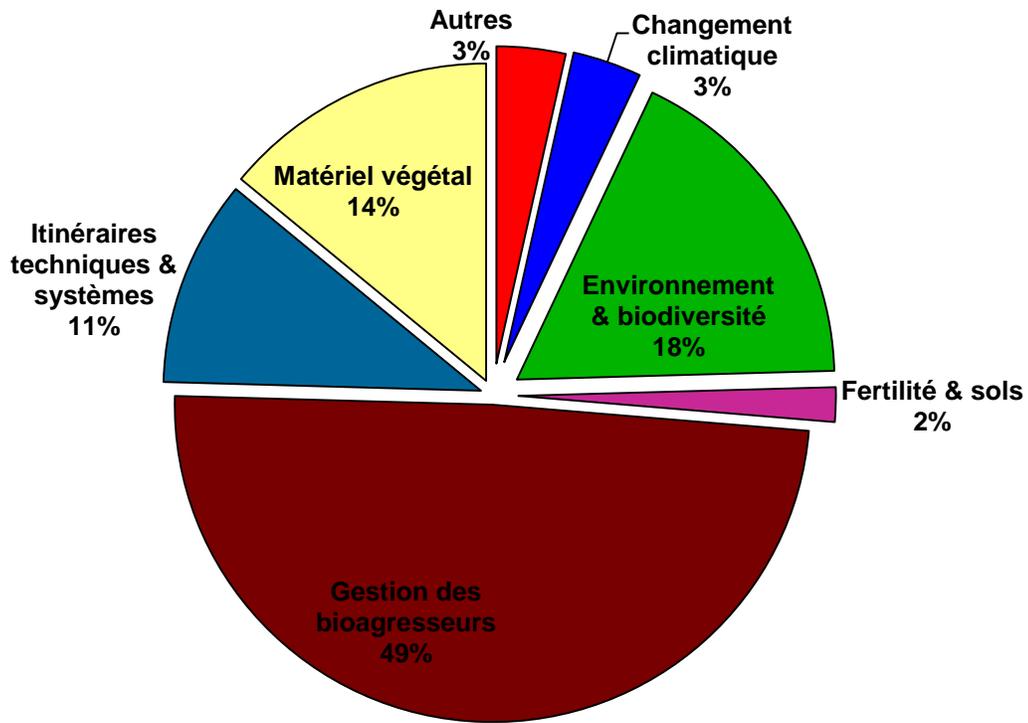
Viticulture: Synthèse des actions depuis 1989

Les expérimentations menées au GRAB

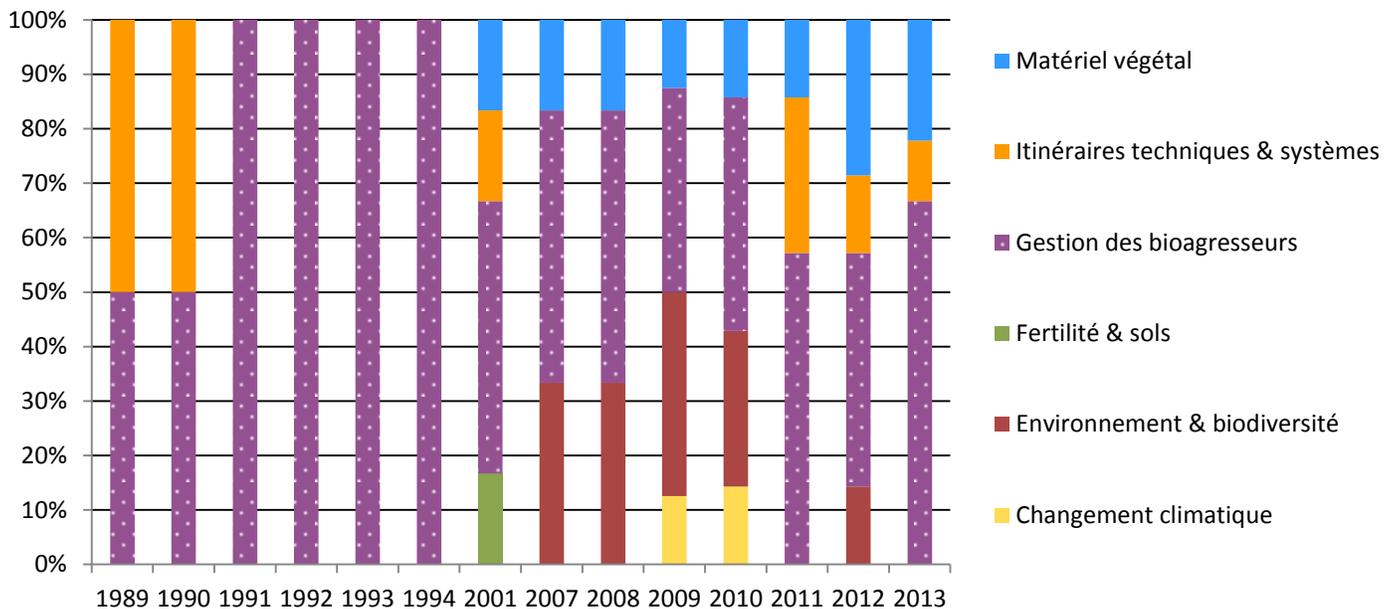
 Action / Expérimentation GRAB

THEMES VIGNE	1989	1990	1991	1992	1993	1994	[...]	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total	
Bioagresseurs																						
Cicadelle (<i>Scaphoideus titanus</i>) vectrice de flavescence dorée																						12
Mildiou - <i>Plasmopara viticola</i>																						12
Vers de la grappe - <i>Cochylis</i> & <i>Eudemis</i>																						6
Oïdium																						3
Maladie du bois (Esca, BDA)																						3
Court-noué																						2
Fertilité & sols																						
Enherbement																						6
Matériel végétal																						
Essai variétal / cépages tolérants																						6
Environnement et biodiversité																						
Haies viticoles : conduite, impacts agronomiques et paysages																						4
Changement climatique / Economies d'eau																						2

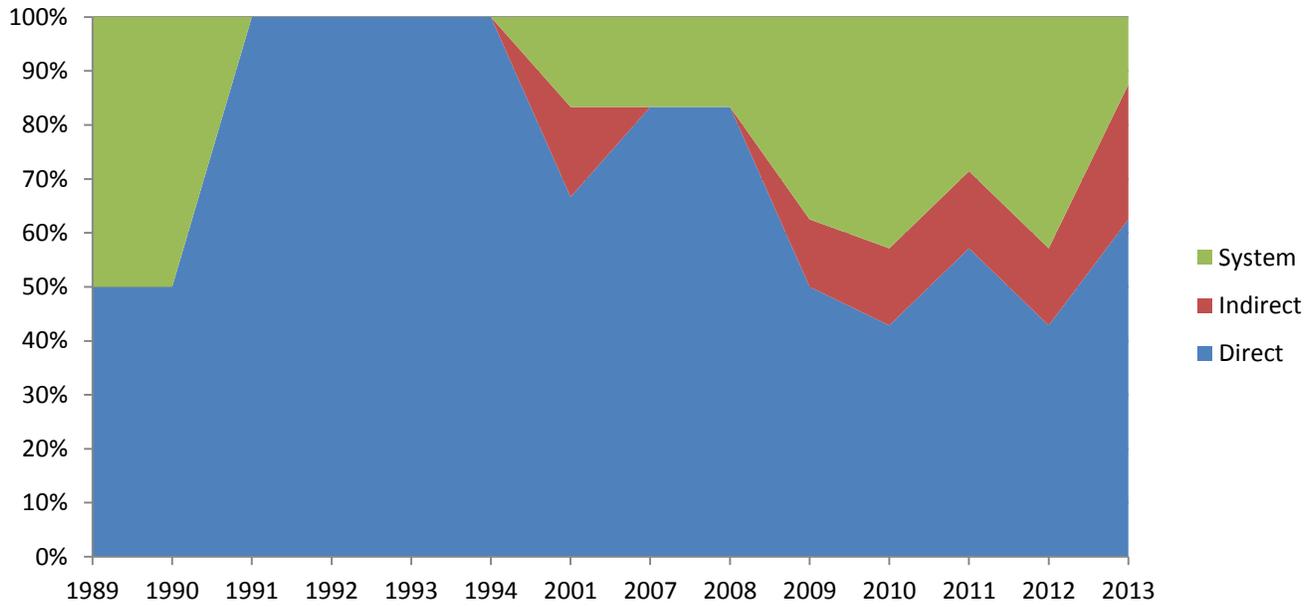




Thématiques de recherche en viticulture entre 1986 et 2013



Viticulture- Evolution de l'approche expérimentale entre 1986 et 2013



Favoriser les innovations agroécologiques par une approche multi-niveaux des besoins d'expérimentation en productions végétales

Le Pichon V.¹, Filleron E.², Ricavy I.³, Taussig C.⁴, Bellon S.⁵

¹ GRAB - Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, BP 11283 - 84 911 Avignon cedex 9

² Domaine expérimental La Tapy, 1881, Chemin des Galères - 84 200 Carpentras-Serres

³ Station expérimentale La Pugère, Chemin de la Barque - 13 370 Mallemort

⁴ APREL – Association Provençale de Recherche et d'Expérimentation Légumière, Route de Mollégès, 13 210 Saint Rémy de Provence

⁵ INRA SAD – Ecodéveloppement, Agroparc CS 40509 - UR 767, 84914 Avignon

Correspondance : direction@grab.fr

Résumé

Les politiques publiques s'affichent clairement en faveur d'une écologisation de l'agriculture. Peu d'objectifs concrets ou d'incitations ont pourtant été établis pour mobiliser à cette fin la recherche expérimentale. Appliqué à 13 années de résultats de 4 stations d'expérimentation du Sud-Est de la France, l'analyse multi-niveaux Direct-Indirect-Système montre une diversification de leurs stratégies d'actions. Ces 3 niveaux de lecture, couplés à une définition de différents types d'agroécosystèmes, s'avère être un outil prometteur pour inciter la prise en compte et le pilotage de stratégies d'innovation agroécologiques à l'échelle d'une station, de territoires ou d'une filière de production.

Mots clés : politique de recherche, reconception, systèmes, analyse multi-niveaux, modèle ESR

Abstract: Enhancing agroecological innovations with a multi-level approach to experimental research needs

Public policies clearly aim at an ecologisation of agriculture. However, few concrete goals or incentives have been established to mobilize the experimental research. Applied to 13-year results of four experimental stations of the South-East of France, the Direct-Indirect-System multi-level analysis grid showed a diversification of their experimental strategies. These three levels of analysis, combined with the identification of different types of agroecosystems, appears as promising for instigating assessment and determining agroecological innovation priorities for an experimental station, a territory or a food chain.

Keywords: Research politic, redesign, systemic approach, multi-level analysis; ESR model.

1. Contexte: Des politiques publiques restreintes pour l'innovation agroécologique

L'évolution de l'agriculture vers des pratiques durables est une nécessité reconnue. En France la demande continue et croissante de produits issus de l'agriculture biologique (AB) par les consommateurs depuis la première crise de la vache folle (1996) est la manifestation la plus concrète d'une nouvelle attente sociétale

Dans le domaine des politiques publiques, les programmes et les mesures financières pour susciter cette évolution ont été nombreux. Sans vouloir être exhaustif, on peut citer les Mesures Agri-

Environnementales, les Contrats Territoriaux d'Exploitations, les plans de développement de l'agriculture biologique, le Grenelle de l'environnement, le plan Ecophyto 2018 et plus récemment (2013) le projet agroécologique du ministère de l'agriculture « Agricultures : produisons autrement ».

L'impact de ces politiques publiques ne sera pas analysé dans cet article. Mais parmi les nombreux facteurs participant à l'évolution de l'agriculture, l'expérimentation de nouvelles techniques et pratiques agricoles pouvant engendrer des innovations est un facteur important. Paradoxalement, si l'expérimentation est souvent citée dans les programmes ci-dessus, peu de mesures concrètes lui ont été destinées.

Pour l'expérimentation en fruits et légumes, 36 stations françaises sont recensées par le CTIFL, l'Institut Technique Agricole national dédié à ces productions. Depuis les années 2000, le principal instrument de financement public de leurs actions est constitué par l'association de lignes de crédits des Conseils Régionaux et de l'Etat, au travers de son office France Agri Mer. Ces co-financements étaient inscrits au sein de plans pluriannuels dits Contrats de Plan ou de Projets Etat-Région (CPER 2000-2006 puis 2007-2013). Curieusement, l'attribution des financements de l'Etat n'était conditionnée par aucun objectif ou contrainte visant une agriculture plus durable. Seuls les Conseils Régionaux ont appliqué des critères en ce sens. Par exemple dans les 3 régions du Sud-Est de la France, où sont situées les 4 stations de cette étude, une part de l'enveloppe devait être consacrée à l'expérimentation en agriculture biologique en Languedoc-Roussillon et en Rhône-Alpes (15%), et en matière de protection des cultures, seules les actions visant des pratiques alternatives à l'utilisation des produits phytosanitaires de synthèse étaient finançables par la collectivité territoriale en Provence Alpes Côte d'Azur (2007).

Ce constat s'applique aussi aux financements régionaux de l'expérimentation en viticulture, avec des spécificités d'une région à l'autre liées à la gouvernance territoriale des programmes.

D'autres lignes de crédits sont accessibles à ces stations à l'échelle nationale sous forme d'appels à projet nationaux. Certaines ont affiché des objectifs d'évolution de l'agriculture. Ainsi, l'appel à projets de développement agricole et rural d'innovation et de partenariat (CAS DAR) promeut des projets qui doivent contribuer à la mise en place d'une agriculture productive et écologique, qui défend sa compétitivité par la qualité environnementale de ses modes de production. De plus, dès 2008, l'agriculture biologique y est affichée comme priorité ministérielle dans le cadre du plan "Agriculture biologique : Horizon 2012", avec une enveloppe réservée (1 Million d'€ soit 10% du total) aux projets relevant de cette thématique. A partir de 2011, un volet expérimentation du plan Ecophyto 2018 a visé des projets devant valider à une échelle transposable des changements de systèmes de production qui permettent la diminution de l'utilisation des intrants phytosanitaires.

En résumé, si les pouvoirs publics souhaitent le développement d'innovations permettant des pratiques agricoles plus agroécologiques par l'expérimentation, elles n'ont que timidement et récemment traduit cette incitation par des objectifs chiffrés liés à leur financement, le tout se faisant dans un contexte de contraction des lignes budgétaires.

De ce fait, sauf pour deux appels à projets, les financeurs publics n'ont pas proposé aux stations de grille permettant d'analyser ou de catégoriser les actions d'expérimentations en fonction d'objectifs agroécologiques.

2. Objectif : Proposer un outil de pilotage des expérimentations

En protection des cultures, les limites d'une approche consistant à lutter contre un ravageur avec une seule technique sont maintenant reconnues en agronomie (Bellon *et al.*, 2007a). Ces limites peuvent être à l'échelle de l'exploitation agricole en terme d'efficacité dans le temps (évolution des résistances et dérives des espèces ciblées) ou pour son environnement (pollutions phytosanitaires des eaux de lessivage, impact sur les écosystèmes voisins).

L'objectif est de trouver un outil opérationnel pour piloter et coordonner le choix des expérimentations à l'échelle d'une station, d'une région ou d'une filière, en maintenant un équilibre entre différentes stratégies d'innovation, allant de la levée de freins techniques jusqu'à la reconception des différents systèmes agricoles et en prenant en compte la diversité des agroécosystèmes pour favoriser leur évolution agroécologique.

L'outil utilisé n'est *a priori* pas uniquement destiné à un seul type de production. La présente évaluation concerne le maraîchage, l'arboriculture et la viticulture. Ces 3 filières sont en effet soumises à des critères de production qualitatifs et cosmétiques qui pèsent sur leur bilan phytosanitaire. Les fruits et légumes frais peu transformés sont vendus proches de leur état au champ avec pas ou peu de rattrapages possibles en post-récolte. Ces filières connaissent des difficultés de gestion des bioagresseurs avec des verrous techniques en agriculture biologique. Et les stratégies de recherche d'innovation sont dominées par des approches parcellaires et sectorielles par bioagresseur.

3. L'outil : un cadre d'analyse multi-niveaux

L'approche multi-niveaux utilisée (Le Pichon *et al.*, 2008) s'est inspirée du cadre ESR - Efficience-Substitution-Reconception (Hill, 1985), qui a été largement repris dans la préparation du plan Ecophyto 2018 (Butault *et al.*, 2010), et de la pyramide de gestion des bioagresseurs (Wyss *et al.*, 2005).

Le principe peut être résumé graphiquement sous forme de pyramide (Figure 1). Elle représente le nombre de stratégies d'actions à disposition d'un agriculteur ou d'un expérimentateur en fonction de l'objectif visé. On distingue ainsi trois niveaux : Direct, Indirect et Système suivant la rapidité, l'échelle et le terme de l'effet de la mesure prise. Plus la stratégie utilisée est directe, moins il y a de moyens d'actions disponibles.

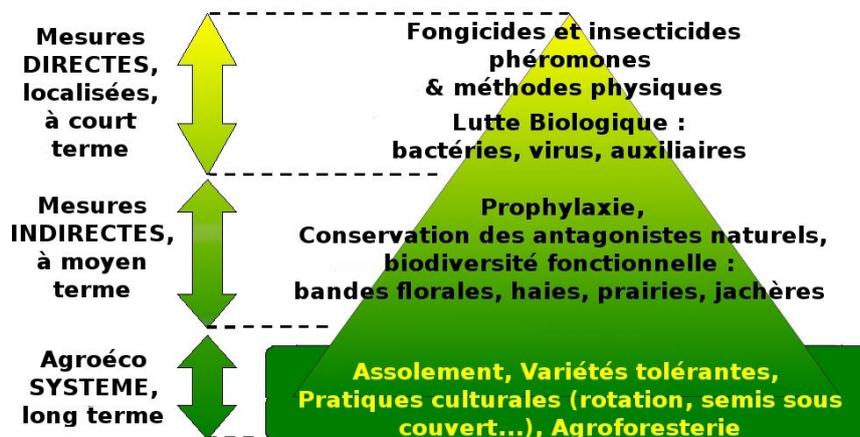


Figure 1: Pyramide multi-niveaux des stratégies d'actions appliquées à la protection des plantes

Il faut noter que l'on peut construire autant de pyramides que l'on a d'objectifs : santé des plantes, nutrition des plantes, gestion des adventices, alimentation hydrique, adaptation au changement climatique...

Certaines stratégies répondent à plusieurs objectifs (Tableau 1), en particulier dans le niveau 3 de (re-) conception de l'agroécosystème. Le choix des rotations doit par exemple permettre de limiter les populations de bioagresseurs, optimiser l'adéquation des besoins des plantes avec les précédents de cultures et restreindre le stock des adventices.

Pour rester proche du cadre ESR, qui propose une clef de lecture de dynamiques agricoles, un niveau 0 peut être ajouté pour rendre compte de la recherche d'efficience dans l'utilisation des produits phytosanitaires de synthèse et de la fertilisation minérale. Mais la multiplication des niveaux risquerait

de rendre l'outil moins opérationnel.

Tableau 1 : Exemples de stratégies par niveaux en fonction de l'objectif visé

Exemples d'objectifs :	Santé des plantes	Nutrition des plantes	Gestion adventices
Niveau 1			
Action	- réduction de doses d'intrants autorisés en AB	- amendements	- désherbage (manuelle, mécanique, thermique)
<i>Moyens directs</i>	- produits naturels (argile, phytothérapie...)	- fertilisation foliaire	- labour
<i>Court terme</i>	- protection mécanique (filet, paillage)	- ferti-irrigation organique	
	- lutte biologique (bactérie, virus, arthropodes)		
	- solarisation		- solarisation
Niveau 2			
Gestion	- prophylaxie	- fertilisation organique	- Prophylaxie
<i>Moyens indirectes</i>	- limitation inoculum	- engrais verts	- paillage
	- biodiversité fonctionnelle (bandes florales, plantes relais)	- mycorhization	- Mulching
<i>Moyen terme</i>	- gestion de la fertilité du sol / sensibilité bio-agresseurs		- plantes allélopathiques
			- habitat carabidae
Niveau 3			
Conception	- reconception des itinéraires techniques	- reconception des itinéraires techniques	- reconception des itinéraires techniques
<i>Agroécosystème</i>	(choix variétaux tolérants, rotation)	(choix variétaux bas intrants, rotation)	(rotation, enherbement ras)
<i>Long terme</i>	- Agroforesterie	- Agroforesterie	
	- approche globale biodynamique (échelle de la ferme)	- approche globale biodynamique (échelle de la ferme)	- approche globale biodynamique (échelle de la ferme)

4. Application de l'analyse multi-niveaux à 13 années d'expérimentation de 4 stations

Ce cadre d'analyse à trois niveaux, Direct-Indirect-Système, a été appliqué aux expérimentations conduites entre 2000 et 2012 dans quatre stations Fruits, Légumes et viticulture de la région Provence Alpes Côte d'Azur, dont une est spécialisée en Agriculture Biologique. Cela représente au total 4 506 actions d'expérimentation et 28 millions d'euros de dépenses.

La méthodologie a consisté en une présentation aux directeurs des stations du cadre d'analyse au cours d'une séance collective. Chacun a ensuite classé ses actions en auto-évaluation suivant les trois niveaux en fonction des objectifs visés par les expérimentations. Après une première analyse et le rappel de l'esprit de la classification, un directeur a choisi de réajuster quelques actions. L'attribution du niveau Direct à des stratégies de lutte phytosanitaire est assez évident. L'attribution des niveaux Indirect et Système dépend plus de l'objectif et des effets attendus de l'action. L'interprétation de l'expérimentateur a été privilégiée. Car l'objectif n'est pas de comparer les stations entre elles, mais de les inciter à suivre les évolutions de leurs différentes expérimentations, positionnées selon les niveaux. La recherche d'une cohérence de la classifications des actions deviendrait nécessaire en cas d'élaboration d'un programme commun entre plusieurs stations, à l'échelle d'un territoire ou d'une filière.

L'évolution de la répartition des expérimentations suivant les 3 niveaux a été analysée en fonction du nombre d'actions ou de leur coût. Même si les fluctuations restent modérées, nous avons choisi de représenter graphiquement les proportions de chaque niveau pour faciliter les comparaisons annuelles.

4.1 Application à deux stations d'expérimentation en cultures pérennes

Pour la station A, on constate une stabilité de répartition des trois niveaux en proportion du budget (Figure 2). Le niveau Direct est constitué à 82% en budget par la recherche de produits de protection des plantes dont une part non conventionnelle. Le nombre d'actions a augmenté avec une baisse régulière du coût par action.

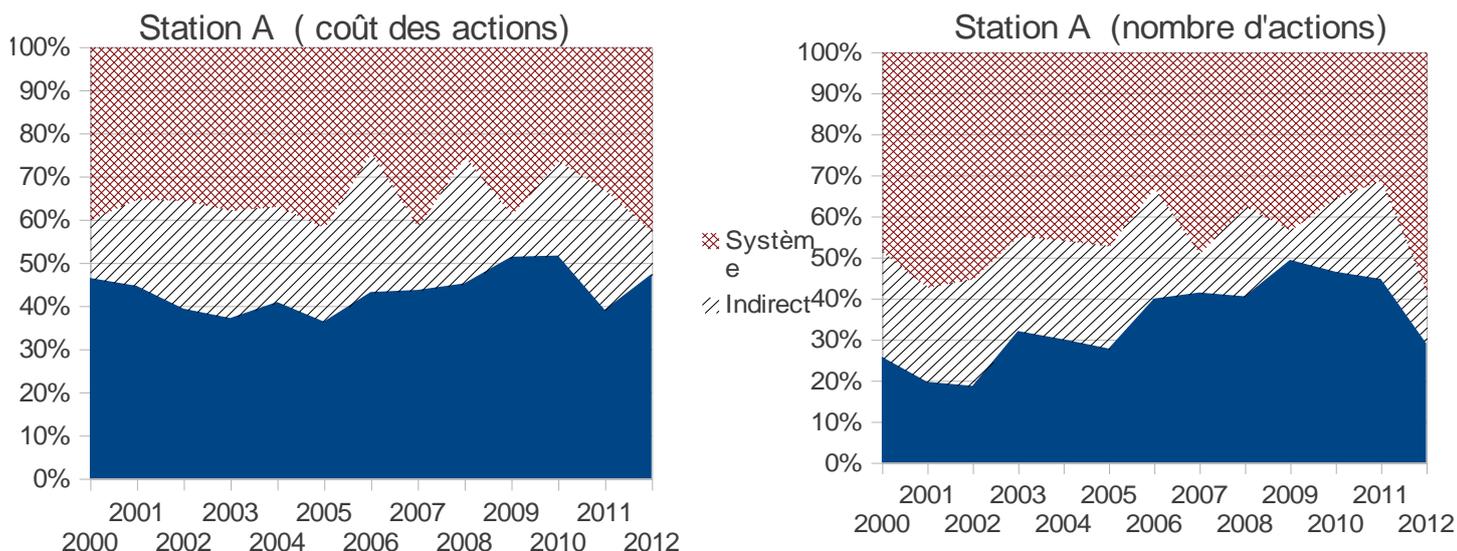


Figure 2: Répartition des actions d'expérimentations par niveaux de la station A

Cette station étant dédiée aux cultures pérennes, elle a choisi de classer toutes ses évaluations variétales en action Système. Elles représentent ainsi 72% en budget des essais Système de cette station. L'autre part concerne la recherche d'itinéraires techniques performants avec l'apparition d'une approche systémique ces dernières années. Le caractère long terme des évaluations variétales a été privilégié par la station. A ce stade de test ou d'autoévaluation de la grille, ce choix n'a pas été modifié. Une re-classification plus ajustée suivant l'objectif assigné ou non d'évolution agroécologique des systèmes par des choix variétaux refléterait mieux l'évolution des actions.

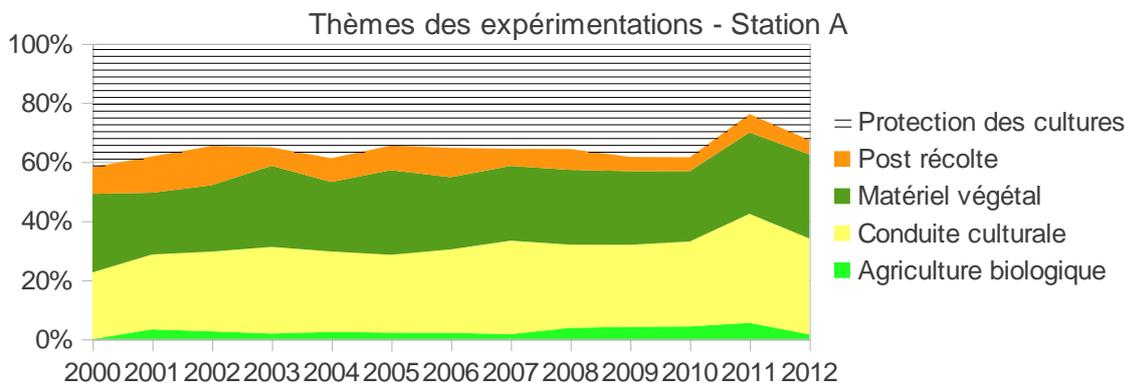


Figure 3 : Evolution de la répartition en budget des thématiques des essais de la station A

Le financement des actions par France Agri Mer implique leur inscription dans une base de données nationale avec une affectation par grande thématique (Matériel végétal, Conduite des cultures,

Protection des cultures, Agriculture Bio...). Il est ainsi possible d'identifier les essais entièrement affichés sur l'AB.

Pour la station A, les thèmes abordés sont stables. 2,7% du budget des actions ont été affichés en moyenne sur l'AB, principalement de l'acquisition de références et de la recherche de moyens de lutte contre les ravageurs. Une grande part des autres actions comporte aussi des techniques alternatives utilisables en AB.

La station R est aussi dédiée aux cultures pérennes. Un tiers des budgets est consacré en moyenne (Figure 4) aux évaluations variétales, mais le choix a été fait de ne classer en Système que les suivis de sensibilité des variétés aux maladies. Ils ont régulièrement augmenté au cours des 4 dernières années (données non utilisables avant 2007 liées à un changement de répartition des actions).

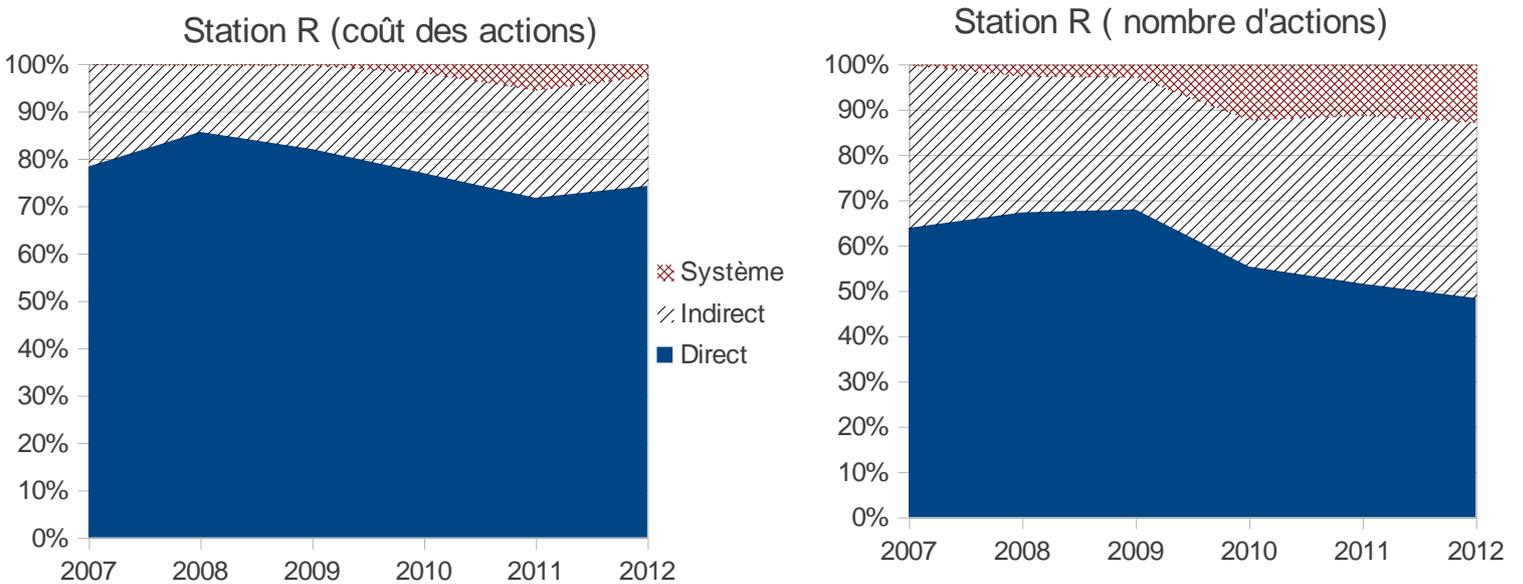


Figure 4 : Répartition des actions d'expérimentations par niveaux de la station R

Un des facteurs évoqués concernant la part restreinte d'essais classés en Système est que la station n'a que récemment investi les méthodes systémiques notamment à cause d'un manque de références sur les productions moins représentées auxquelles elle est dédiée (cerise, raisin de table).

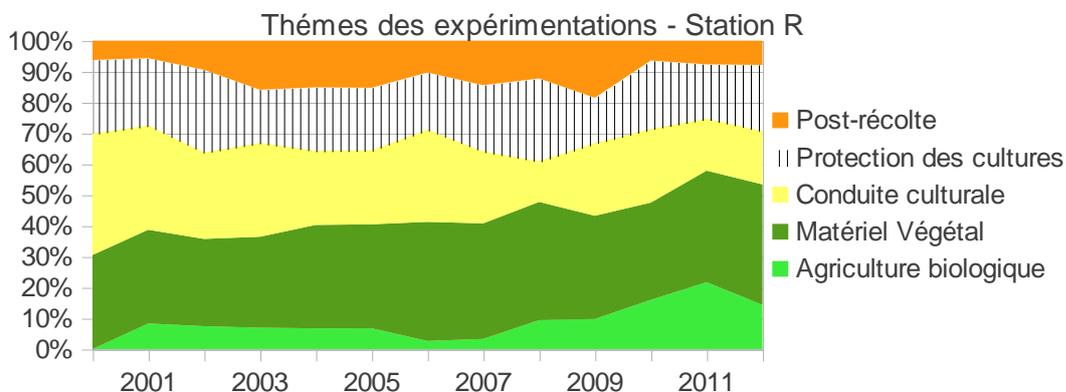


Figure 5 : Evolution de la répartition en budget des thématiques des essais de la station R

La station a un volant régulier d'essais entièrement affichés sur l'AB. Il augmente depuis 2009 (Figure 5). 70% en budget de ces essais concernent la recherche de produits alternatifs de lutte (niveau 1). La

recherche de nouveaux itinéraires techniques et de variétés ou porte-greffes peu sensibles aux maladies constituent les autres investigations.

4.2 Application à une station d'expérimentation en cultures maraîchères

La station L est dédiée aux cultures maraîchères sous abris et de plein champ. La très grande majorité (80%) des essais ont été considérés comme relevant du niveau Direct (Figure 6). Si le nombre d'essais de ce type reste stable, leur coût de revient a diminué (-1 000€/essai/an). Une plus grande part du budget a été consacrée aux expérimentations Système (Figure 6), grâce notamment à la participation à des projets nationaux à partir de 2009. Le coût des actions augmente avec le niveau (Tableau 2), illustrant l'investissement nécessaire lorsque les suivis (multifactoriels) et les méthodologies de recherche se complexifient (approche systémique).

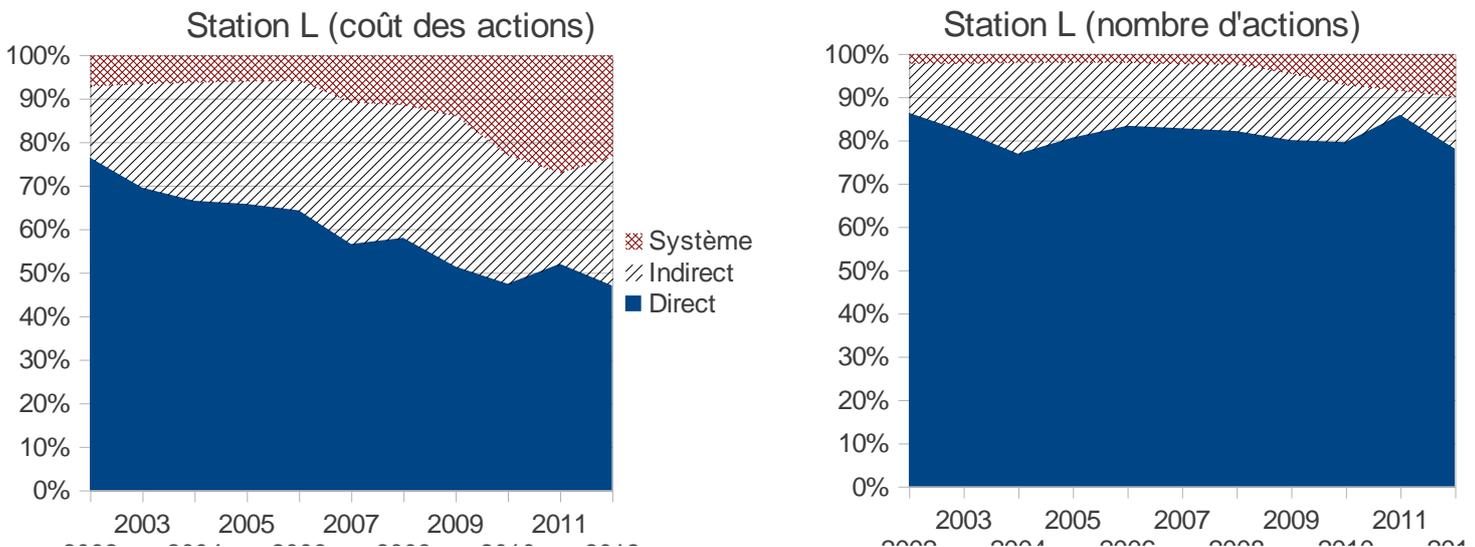


Figure 6 : Répartition des actions d'expérimentations par niveaux de la station L

Tableau 2 : Coût moyen des essais de la station L suivant leur niveau

	Direct	Indirect	Système
en €/essai/an	4 273	10 592	18 538

Ce constat n'a pas été vérifié pour les deux stations précédentes. D'une part, contrairement aux cultures maraîchères, les premières années d'implantation de cultures pérennes ne donnent en général pas lieu à des suivis multifactoriels. D'autre part, le suivi d'expérimentation dite Système n'est pas toujours couplé avec une méthodologie systémique.

La moitié des expérimentations (en coût) de la station est consacrée à l'évaluation variétale (Figure 7). Mais comme pour la station R, il a été considéré que seule l'étude de la résistance aux maladies et aux ravageurs des variétés relevait du niveau Système.

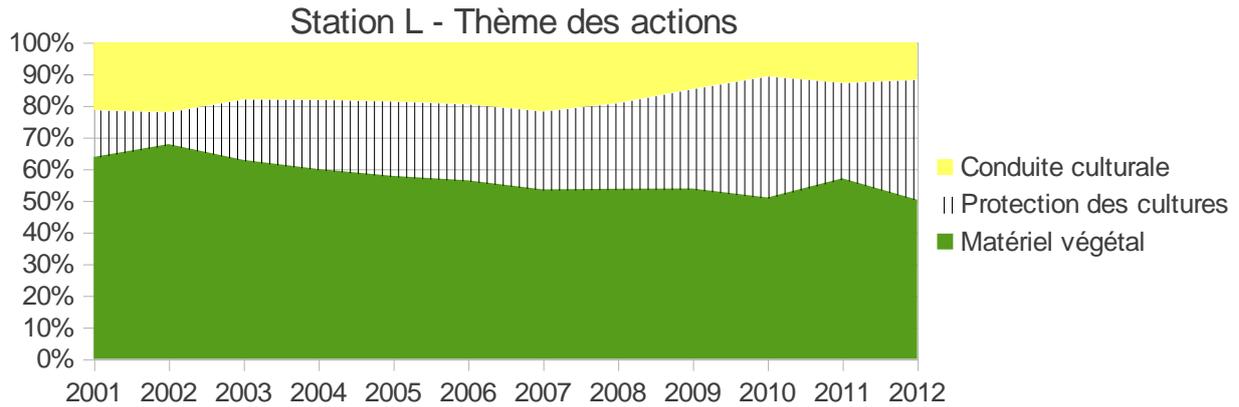


Figure 7 : Evolution de la répartition en budget des thématiques des essais de la station L

4.3 Application à une station d'expérimentation diversifiée et spécialisée en bio

La spécificité de cette station est qu'elle est spécialisée en AB et dédiée à l'arboriculture, au maraîchage et à la viticulture. La part des essais en niveau Direct diminue régulièrement de 2000 à 2012 mais ils représentent toujours plus de 40% des budgets ou des actions (Figure 8). Même spécialisé en AB, l'expérimentateur privilégie donc des stratégies d'innovations directes et à court terme pour essayer de répondre rapidement aux attentes des agriculteurs.

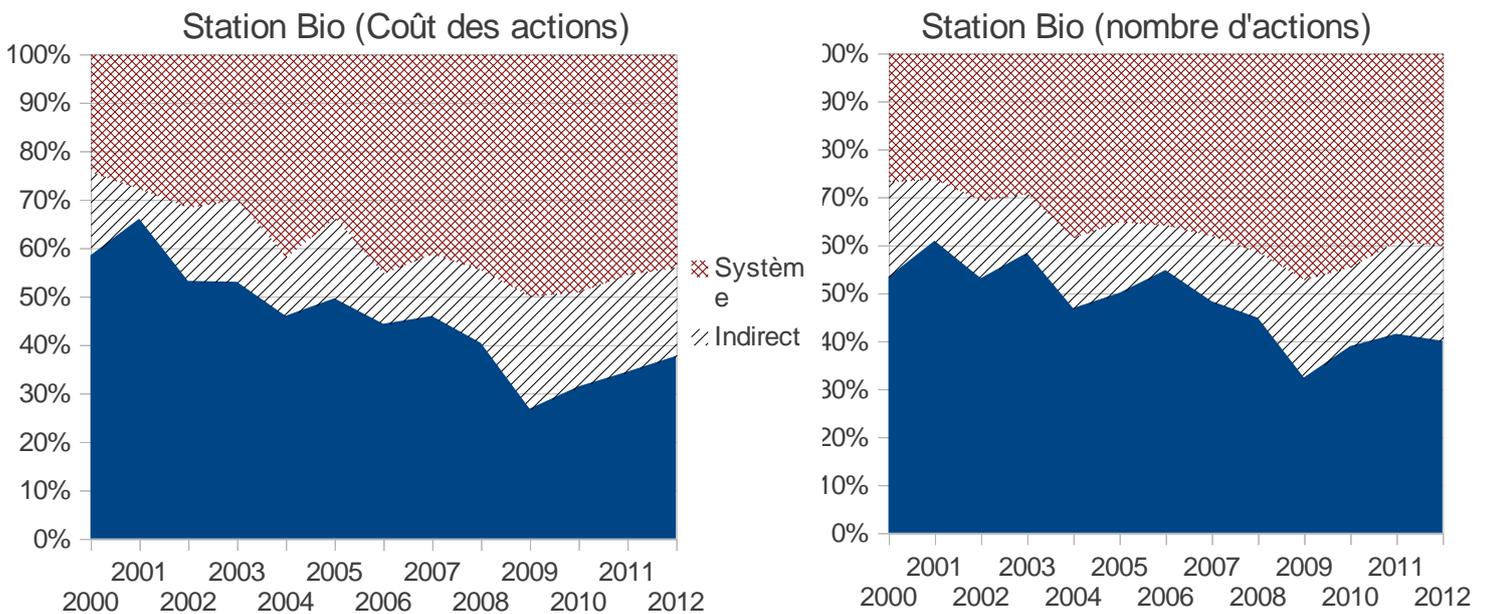


Figure 8 : Répartition des actions d'expérimentations par niveaux de la station Bio

L'évolution se fait au profit de l'augmentation de la part consacrée au niveau Système en le portant progressivement de 25 à 40% du total des essais (Figure 8). Ces expérimentations comportent 37% d'évaluations variétales, avec une recherche de rusticité et de tolérance, primordiales en AB. Les autres actions de ce niveau sont des essais de conduite de cultures (engrais vert nématicides, enherbement, rotations, haies, adaptation au changement climatique...) avec une part émergente de méthodologie systémique et de reconception de système (agroforesterie).

Les principaux facteurs explicatifs de cette évolution marquée sont la difficulté à mettre au point des stratégies de type Direct en Bio et l'implication croissante des autres stations dans la recherche de produits et de techniques alternatives.

5. Un outil de pilotage et de concertation, de la station au territoire

Quelque soit l'application du classement multi-niveaux faite en autoévaluation par les quatre stations, l'analyse montre une augmentation progressive au cours des 13 années passées de la recherche de stratégies Indirectes et Systèmes dans la majorité des stations.

Par ailleurs, les méthodologies de type analytique commencent à être complétées par des approches systémiques dans toutes les stations.

L'utilisation de la thématique AB comme marqueur d'une évolution des stratégies expérimentées n'est sans doute pas assez explicite dans le formatage des bases de données pour être révélatrice de tendances agroécologiques. En effet, les listes à choix unique dans les bases de données ne permettent pas de croiser l'AB avec les autres thèmes (matériel végétal, conduite...). De plus, se pose la question du lien entre la modalité de réalisation des essais bio (en conditions bio ou compatibles avec le cahier des charges) en fonction des destinataires de ces essais. Des techniques bio peuvent être destinées à des agriculteurs conventionnels ou bio. Des itinéraires techniques ou certaines variétés rustiques ne seront intéressantes que pour des systèmes bas intrants ou bio.

Plus généralement, la question du type d'exploitations agricoles visées par une expérimentation n'est que très rarement évoquée dans les stations. Pourtant, elle devient primordiale avec les niveaux Indirects et Système.

6. Des essais Système pour quels systèmes ?

L'analyse suivant les trois niveaux Direct-Indirect-Système doit être complétée par une autre dimension: celle des agroécosystèmes, c'est-à-dire celle des différents types d'exploitations agricoles dans des conditions pédoclimatiques spécifiques (Bellon *et al.*, 2009).

Cette dimension peut être illustrée en reprenant les quatre modèles théoriques d'agriculture biologique (Sylvander *et al.*, 2006), suivant l'application qui en a été faite pour l'amélioration variétale (Desclaux *et al.*, 2009). A chaque modèle type, correspond une pyramide de stratégies à trois niveaux bien spécifique (Figure 9). Celle des agroécosystèmes appartenant au modèle « Autonomie » (cadran en haut à gauche de la figure 9) issu d'un processus abouti de reconception de systèmes, sera différente de celle du modèle « Label » plus proche des exigences minimum du cahier des charges bio.

Les stratégies relevant du niveau Direct sont pour la plupart communes aux quatre types. Par exemple l'utilisation de l'argile pour dissuader des pucerons reste intéressante quelque soit l'agroécosystème. En revanche, la redéfinition de rotations (niveau Système) pour limiter les populations de nématodes à galles dépendra fortement de la diversité des cultures, elle-même liée aux circuits de commercialisation et donc du type d'agroécosystème.

D'une manière générale, plus l'expérimentateur souhaite investir dans des essais de niveaux Indirect et Système, plus il devra s'intéresser aux types d'agroécosystèmes visés. Ce constat n'est pas spécifique à l'AB. Plus on cherche à exacerber des processus agroécologiques, plus les résultats, et donc les innovations potentielles, seront liés à un contexte pédoclimatique particulier. En matière de biodiversité fonctionnelle par exemple, les couples fleurs et auxiliaires identifiés comme intéressants pour gérer des ravageurs seront souvent spécifiques à la région d'expérimentation. Ainsi, les grands processus sont transversaux et leur application en techniques par l'expérimentation doit être déclinée localement.

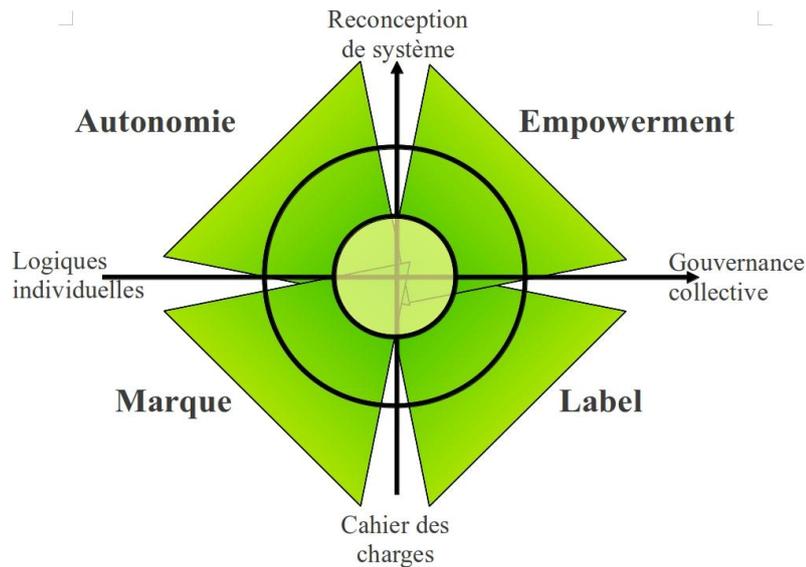


Figure 9 : Divergence des pyramides à 3 niveaux suivant 4 modèles types

7. De la station aux territoires

Si l'on traduit de manière opérationnelle la notion de modèle type utilisée précédemment, il faut envisager la définition de typologie d'agroécosystèmes ou d'agriculteurs dans un territoire donné. De grandes catégories sont parfois évoquées : agriculteurs conventionnels ou bio, maraîchers ou arboriculteurs il faudrait y rajouter en circuits courts ou longs, en zone de monoculture ou avec des aménagements agroécologiques diversifiés, mais aussi bretons ou méditerranéens, en phase d'investissement ou de décapitalisation...

Certaines de ces catégories sont implicites, mais l'incitation à l'évolution des pratiques et à la reconception de systèmes nécessite une phase d'explicitation des différents types d'agroécosystèmes initiaux. La dimension temporelle doit aussi être abordée pour envisager la transition des systèmes de départ à ceux visés (Bellon *et al.*, 2007b).

Une station d'expérimentation ne s'adresse donc pas qu'à un seul type de public. Il se dessine différents sous-ensembles d'agroécosystèmes dans des territoires diversifiés avec des besoins communs et d'autres distincts, plutôt qu'un ensemble homogène d'agriculteurs plus ou moins dynamiques.

Pour un type d'agroécosystèmes identifié, le choix des stratégies d'action doit veiller à l'équilibre entre les différents niveaux. La recherche de moyens de lutte directe reste une nécessité. Mais les stations doivent aussi veiller à investir les autres niveaux compte tenu des pas de temps plus élevés avant l'obtention de résultats.

Il devient donc possible de construire des matrices définissant des besoins en croisant les trois niveaux, des types d'agroécosystèmes et des territoires. Pour tenter de remplir toutes les "cases", la concertation entre stations est nécessaire. Un grand nombre de besoins risque de ne pas pouvoir être satisfait. Cela engendre une nécessaire priorisation des actions. Elle peut relever du domaine politique ou économique. Par exemple, les acteurs d'une filière pourraient souhaiter concentrer les efforts de recherche sur certains types d'agroécosystèmes pour répondre à des besoins spécifiques en terme de débouchés.

8. Perspectives : un outil pour la programmation des expérimentations

L'utilisation du cadre multi-niveaux a incité les stations à analyser leur programme suivant l'impact de leurs stratégies sur l'évolution des techniques, des pratiques et des systèmes en faveur d'une transition agroécologique. Combinée à l'explicitation des agroécosystèmes visés, elle devra permettre de balayer les différents niveaux et besoins auxquels la recherche-expérimentation doit répondre à court et à long terme pour veiller tant à lever des freins techniques qu'à permettre l'évolution des différents types de systèmes.

Cette grille de lecture n'a pas pour objectif de définir une norme à respecter concernant la part de chaque niveau dans l'ensemble du programme d'une station. Il faut veiller à ce que la classification reste opérationnelle et éventuellement recadrer les actions après la phase d'autoévaluation. Ainsi son utilisation pourra permettre de favoriser les échanges entre les acteurs de la R&D (agriculteurs, conseillers, expérimentateurs, chercheurs, transformateurs, distributeurs, financeurs) afin :

(i) d'anticiper les besoins à l'échelle d'une région ou d'une filière

(ii) de veiller à la répartition, à la priorisation et à l'anticipation des efforts de recherche-expérimentation entre les stations pour les différents niveaux, systèmes et territoires.

L'écologisation des pratiques et des systèmes agricoles implique aussi une complexification de la production d'innovations liées à des agroécosystèmes diversifiés et territorialisés. Au-delà de la mobilisation et de la concertation de ses acteurs pour accompagner cette évolution, la recherche-expérimentation doit aussi continuer à diversifier ses méthodes pour prendre en compte cette complexité. Nous avons évoqué l'utilisation croissante de l'approche systémique par les stations. Leur participation à des appels à projet avec plusieurs partenaires peut aussi permettre le renforcement de la transdisciplinarité pour l'évaluation multi-niveaux des actions. Il faut aussi qu'elles investissent la recherche participative. L'implication des agriculteurs dans des programmes conduits sur leurs exploitations et par eux, permet en effet de multiplier les interactions entre les agrosystèmes et leur environnement et de favoriser la génération d'innovations adaptées aux territoires.

Références bibliographiques

Bellon S., Deverre C., Lamine C., 2007a. Des paradigmes en matière de protection des cultures. Séminaire Gedupic 28/03/2007.

Bellon S., Perrot N., Navarrete M., Fauriel J., Lamine C., 2007b. Converting to organic horticulture as socio-technical trajectories, in: XXII ERSR Congress, Wageningen, Netherlands, 2007/08/20-24.

Bellon S., Desclaux D., Le Pichon V., 2009. Innovation and research in organic farming: a multi-level approach to facilitate cooperation among stakeholders. IFSA

Butault J.P., Dedryver C.A., Gary C., Guichard L., Jacquet F., Meynard J.M., Nicot P., Pitrat M., Reau R., Sauphanor B., Savini I, Volay T., 2010. Ecophyto R&D. Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ? Synthèse du rapport d'étude, INRA Editeur (France), 90 p.

Desclaux D., Nolot J.M., Chiffolleau Y., Gozé E., Leclerc C., 2008. Changes in the Concept of Genotype x Environment Interactions to fit Agriculture Diversification and decentralized Participatory plant breeding. *Pluridisciplinary point of view. Euphytica* 163, 533–546

Desclaux D., Chiffolleau Y., Nolot J.M., 2009. Pluralité des Agricultures Biologiques : Enjeux pour la construction des marchés, le choix des variétés et les schémas d'amélioration des plantes. *Innovations Agronomiques* 4, 297-306

Hill S.B., 1985. Redesigning the food system for sustainability. *Alternatives* 12(3-4), 32-36.

Hill S.B., MacRae R.J., 1995. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7, 81-87.

Le Pichon V., Romet L., Lambion J., 2008. Approche multi-niveaux de la gestion des bio-agresseurs : moyen d'analyse des expérimentations du Groupe de Recherche en Agriculture Biologique. *Innovations Agronomiques* 4, 91-99.

Sylvander B., Bellon S., Benoît M., 2006. Facing the organic reality: the diversity of development models and consequences on the public policies. OF and European Rural Development. Joint Organic Congress, Odense (DK), pp. 30-31.

Wyss E., Luka H., Pfiffner L., Schlatter C., Gabriela U., Daniel C., 2005. Approaches to pest management in organic agriculture: a case study in European apple orchards. Paper presented at "IPM in Organic Systems", XXII International Congress of Entomology, Brisbane, Australia, 16. August 2004; Published in Cab International: Organic-Research.com May 2005, pp. 33-36.



*Maison de la Bio
255 chemin de la Castelette
BP 11283
84 911 - Avignon Cedex 9
Tél. +33 (0)4 90 84 01 70
Fax +33 (0)4 90 84 00 37
secretariat@grab.fr*

www.grab.fr