

**AFPP – CINQUIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES PLANTES
LILLE – 11 AU 13 MARS 2015**

**UN RESEAU D'EXPERIMENTATIONS ET DES OUTILS TELEMATQUES INNOVANTS POUR REDUIRE
L'USAGE DES PESTICIDES EN HORTICULTURE**

B. PARIS^{1,2,3}, R. BOLL¹, S. DOISE¹, A. BOUT¹, F. ROBERT², E. MAUGIN⁴, A. DROUINEAU⁵, T. DENEGRÉ⁵,
I. CABEU⁶, M. TRAGIN⁷, C. PONCET¹

RÉSUMÉ

S'appuyant sur un réseau de tests en productions commerciales de fleurs coupées et plantes en pots, un groupe projet partenarial INRA – Astredhor développe des outils télématiques d'aide à la mise en place de la protection intégrée.

Depuis deux ans, dans le cadre du projet DEPHY EXPE Ecophyto OTELHO, les expérimentateurs développent des outils conviviaux de monitoring des bioagresseurs et des auxiliaires qui permettent une vision fiable de l'état sanitaire de la culture et qui alimentent des modèles de prévision des épidémies.

Le premier objectif du projet est de donner les moyens d'obtenir l'information nécessaire et suffisante pour prendre la meilleure décision avec un coût d'observation compatible avec les contraintes de l'exploitation. Le deuxième objectif est de tester différentes stratégies alternatives de protection des cultures et d'analyser l'impact des outils télématiques dans l'adoption de ces stratégies.

Mots-clés : Horticulture, Réseau, Pesticides, Réduction, Stratégies alternatives.

ABSTRACT

A NETWORK OF TESTS AND INOVATIVE TELEMATICS TO REDUCE PESTICIDE USE IN HORTICULTURE

Based on a new trade grower network of cut flowers and plants, a partnership between INRA-Astredhor has been created in order to develop telematics to help setting up integrated protection.

In the context of the DEPHY EXPE Ecophyto OTELHO project, the experimenters have been elaborating for two years user-friendly monitoring tools of crop bioaggressors. These tools enable a reliable vision of the crop sanitary statement and support new models of epidemic prediction.

The first goal is to provide means to get the necessary and sufficient information to take the best decision by limiting the observation cost wich would be compatible with business constraints. The second goal is to test several alternative strategies of crop protection and the analysis of the impact of telematics on these strategies in use.

Keywords: Horticulture, Network, Pesticides, Reduction, Alternative strategies.

¹ INRA, UMR 1355 ISA, F-06903 Sophia-Antipolis, France,

² Astredhor, 44 rue d'Alésia 75682 PARIS Cedex 14, France,

³ Chambre d'agriculture des Alpes-Maritimes, MIN fleurs 17 Box 85, 06296 Nice cedex 3, France,

⁴ GIE Fleurs et Plantes du Sud-Ouest, Site INRA – 71 Avenue Edouard Bourlaux 33882 Villenave d'Ornon Cedex, France,

⁵ Scradh, 727 avenue Alfred Décugis 83400 Hyères, France,

⁶ ARMEFLHOR La réunion, 1 chemin de l'Irfa, Bassin Martin, 97410 Saint Pierre, France,

⁷ AREXHOR Pays de la Loire, centre Florilore, 1 rue des magnolias, 49130 Les Ponts de Cé, France,

INTRODUCTION

Les cultures ornementales sous serres sont encore considérées comme un système de production consommateur de pesticides avec des indices de fréquence de traitement élevés (IFT pouvant atteindre 150 voire 230 dans certaines conditions climatiques favorables aux ravageurs). La protection intégrée est clairement identifiée comme une méthode pouvant satisfaire à des objectifs de réduction des IFT pour une production plus respectueuse de l'environnement. En revanche, le coût et la forte valeur ajoutée qui caractérisent ce système de culture intensif exigent en retour une production exempte de tout défaut, ce qui conduit traditionnellement à de nombreuses interventions phytosanitaires.

Par ailleurs, la stratégie de protection « tout chimique » montre des inefficacités manifestes du fait de la réduction du nombre de matières actives disponibles (Ecophyto 2018 au niveau national, programme REACH au niveau international), de l'augmentation des phénomènes de résistances observés (Bielza *et al*, 2007) notamment chez le thrips, les acariens, les aleurodes ou les pucerons. De plus, les pesticides sont connus pour avoir à la fois d'importants effets négatifs sur les organismes non cibles utilisés en production intégrée (auxiliaires indigènes ou introduits) (Desneux *et al*, 2007), sur les pollinisateurs et sur la santé humaine (Weisenburger, 1993). Ainsi, toute une filière est impactée par ces difficultés.

C'est pourquoi l'INRA de Sophia Antipolis, l'Institut technique national Astredhor et la Chambre d'agriculture des Alpes-Maritimes ont construit un projet de recherche et de transfert dans le cadre des appels à projet DEPHY EXPE ECOPHYTO. Ce projet propose comme hypothèse que des outils télématiques et des méthodes d'échantillonnage épidémiologique conçus par et pour la recherche (Boll *et al*, 2012) sur la base d'une approche système (Bout *et al*, 2010 ; Poncet *et al*, 2012) , puissent être adaptés au contexte de la production pour assurer un suivi de l'état sanitaire des cultures ornementales et implémenter des modèles de prévision des épidémies. De plus, les travaux vérifieront que la mise à disposition de tels outils facilite l'appropriation par les expérimentateurs, puis par les producteurs de stratégies de protection des cultures alternatives permettant de répondre aux objectifs du plan ECOPHYTO.

MATERIEL ET MÉTHODE

L'équipe Inra-Teapea de Sophia-Antipolis étudie depuis de nombreuses années le système serre dans sa globalité. L'approche système développée à l'INRA de Sophia-Antipolis (Bout *et al*, 2010 ; Poncet *et al*, 2012) a permis de mettre en évidence l'importance des interactions biotiques souvent peu visibles et parfois contre-intuitives pouvant prendre le pas sur celles que l'on cherche à favoriser dans un contexte de protection intégrée (Poncet *et al*, 2009, 2010).

La conception, la validation et la promotion d'outils télématiques innovants qui apporteraient une réponse pertinente au déficit d'information sur la dynamique des populations de bioagresseurs et des interactions prévalant au sein de l'agro-écosystème serre peut être une réponse concrète à ce verrou avéré.

Des essais systèmes conduits au sein des serres de l'Inra ont permis la conception d'une panoplie d'outils d'aide à la décision déclinée sous forme de modules (Boll *et al*, 2012). Les principaux modules sont consacrés : à l'activation des méthodologies de *monitoring* globales des différentes espèces utiles/nuisibles, à l'auto-formation par l'image à l'identification des organismes à observer, à la détection précoce à partir d'acquisitions vidéo, à la représentation cartographique régulière des épidémies associée à l'historique cultural, au codage assisté de règles de décisions, aux processus d'enquêtes auprès des professionnels ainsi qu'à des modèles de quantification et de prévision des épidémies. La plupart des modules créés ont vocation à guider et sécuriser au maximum l'expérimentateur, le conseiller, puis l'horticulteur en proposant des stratégies de protection plus robustes et argumentées (Boll *et al*, 2009, 2011). Pour plus de souplesse, de convivialité et d'aide à la décision, la base de données et ses modules applicatifs doit être prototypé en conditions réelles sur la base d'un réseau d'expérimentation (en stations et chez les producteurs) utilisant et implémentant les outils et la base de données épidémiologiques.

UN RESEAU DE SITES EXPERIMENTAUX

La mise au point des outils de monitoring des cultures et d'aide à la décision de ce projet repose sur l'expérimentation et sur le test en conditions réelles de production des outils, c'est pourquoi la méthodologie retenue propose la constitution d'un réseau de sites expérimentaux.

A fin, de sélectionner les sites où seront réalisés les suivis et tests de stratégies alternatives en grandeurs réelles, nous avons utilisé une méthodologie d'analyse multicritères par questionnaire d'enquête développée pour d'autres projets (CasDAR OAD Serre 2012-2014).

UNE BASE DE DONNEES ARCHITECTUREE : LE SOPHIADATAMARKET

L'originalité du projet réside dans la nature de l'offre qui a été construite autour d'une base de données architecturée en vision OLAP (On Line Application Process), c'est-à-dire conçue pour une exploitation immédiate des données enregistrées. La structure de cette base et/ou son contenu est destinée à recueillir la description et les performances des systèmes innovants testés dans le réseau de stations et de producteurs. L'offre comporte :

- des applications automatisées elles-mêmes génératrices d'outils personnalisables (pour la saisie des données et pour le codage des règles de décision) ;
- des applications standardisées pour un service immédiat (édition et restitution des données) ;
- des applications spécialisées qui seront les fruits du projet (modélisations prévisionnelles, outils d'enquêtes) ;
- des compartiments « qualité » consultables pour l'archivage des protocoles et des ressources.

La plupart des outils émanent de réponses apportées à des besoins posés à la recherche, notamment en matière de caractérisation d'interactions biotiques d'espèces antagonistes et de **suivis** populationnels.

Les moyens informatiques bénéficient de l'hébergement et de la maintenance Inra. Dans le détail, l'originalité technique du projet est constituée par le Sophi@data_market qui comprend :

- Une base de données (MySQL) qui assure le stockage des :
 - métadonnées de positionnement des projets / expérimentations
 - paramètres des formulaires de saisie particuliers
 - référentiels utiles à la saisie
 - données spatialisées de mesures ou d'observations
 - données temporelles de suivi des pratiques culturelles
 - données climatiques globales et distribuées
- Un site regroupant :
 - des applications de monitoring permettant : la création des formulaires de saisie, l'acquisition des données, l'édition des données, la restitution graphique commentée des données
 - des applications d'aide à la décision sous forme de modèles d'étalonnage des observations en classes d'abondance, de modèles prévisionnels des tendances démographiques, module de codage des règles de décision particulières
 - des ressources (espace qualité-protocole, un espace didacticiel d'auto-formation, des liens utiles)

L'objectif du projet est bien d'utiliser la base de données et ses outils existants tout en l'améliorant (convivialité, visibilité des écrans dans les serres, adaptation aux nouveaux outils télématiques disponibles sur le marché...) et en proposant de nouvelles fonctionnalités et outils issues des travaux d'expérimentations (enregistrement des IFT hebdomadaires...) et des besoins des expérimentateurs et producteurs du réseau constitué (saisie en mode hors connexion).

UNE METHODE D'ECHANTILLONNAGE ORIGINALE ET GLOBALE A ADAPTER

La méthode de monitoring rapide et globale (tous bioagresseurs et tous biodefenseurs) a été développée à l'INRA de Sophia-Antipolis à partir de modalités d'échantillonnage testées sur un essai système pluriannuel d'une culture de rosier « fleurs coupées » (Marchal C. *et al*, 2004 ; Boll R. *et al*, 2007 ; Bout A. *et al*, 2010).

L'objectif de la méthode est la détection et la quantification des ravageurs et des maladies des parties aériennes du rosier à partir d'une méthode intégrative, rapide et non destructive. Les observations sont réalisées en classes visuelles d'abondance sur tous les organismes simultanément. Les classes d'abondance sont adaptées au nombre et à la visibilité des ravageurs ou maladies. Un plan d'échantillonnage composé d'un maillage d'unités d'observation doit être adapté à chaque culture avec comme priorité la détection précoce des foyers d'infestation et la représentativité spatiale et temporelle des grilles (Bout A. *et al*, 2010). Les ravageurs, maladies et auxiliaire sont considérés comme des variables à observer et renseigner dans des grilles d'échantillonnages. Ces échantillonnages implémentent la base de données.

Une unité d'observation zone élémentaire des grilles d'échantillonnage correspond à une tige avec fleur choisie si possible au stade récolte et à la partie du "poumon" associé à la verticale de cette tige. (On désigne comme "poumon" la partie végétative repliée et non récoltée servant à la photosynthèse). Les 5 dernières feuilles de la tige sont observées par retournement, ainsi que la fleur. On pratique ensuite deux légers frappages successifs de la fleur à l'aide d'un battoir en matière plastique souple, de manière à récupérer d'éventuels insectes ou acariens sur une feuille de papier blanc au format A4.

A la suite de cette double observation les densités de populations sur la tige sont évaluées au moyen de classes d'abondance. A l'aide du même instrument, on effectue deux frappages vigoureux du poumon au dessus d'une feuille de papier blanc (A4) afin d'évaluer de la même manière les densités de populations sur celui-ci. On complète les observations par toute information pertinente visible lors des déplacements dans la culture ("bloc"). Les observations sur tige, sur poumon et sur bloc sont notées séparément. Une observation complète tige + poumon ne doit pas excéder 30 secondes pour deux observateurs.

Dans le présent projet, l'objectif est d'utiliser la même méthode d'échantillonnage sur le site expérimental « rosier » et d'adapter la méthode aux différentes cultures horticoles retenue en sites expérimentaux. Cette adaptation concerne la définition : de l'unité d'échantillonnage (fleurs, feuillage, tige...), des variables à observer et de leurs classes visuelles d'abondance. Il s'agit aussi de proposer une densité d'échantillonnage en nombre d'unité d'échantillonnage par unité de surface de production suffisamment représentative et significative des évolutions des populations et à même de faciliter la prise de décision par les horticulteurs.

RESULTATS

MISE EN PLACE DU RESEAU D'EXPERIMENTATION

Après un travail d'enquête réalisé par les stations Astredhor partenaires du projet pour bien prendre en compte les spécificités des exploitations et favoriser l'acceptabilité de la démarche, deux types de site ont été validés pour consolider un réseau d'expérimentation, pour mettre en place un suivi épidémiologique avec des outils télématiques en cours de développement et mettre en test différentes stratégies alternatives :

- Cinq sites producteurs :
 - une entreprise de production en région sud -ouest avec deux sites plantes en pot : Pélargonium et Gerbera
 - deux entreprises de production dans le Var (Région PACA) : gerbera fleurs coupées
 - une entreprise de production sur l'île de la Réunion : gerbera plantes en pot

- trois sites station :
 - un site en station d'expérimentation au GIE fleurs et plantes du sud ouest : Pélargonium ;
 - un site en station au SCRADH : Gerbera fleurs coupées ;
 - un site en station à l'ARMEFLHOR : rosier fleurs coupées ;

Un site de l'Inra, à Sophia-Antipolis, est le terrain de formation et d'apprentissage des méthodes innovantes en matière d'échantillonnage. Les outils d'aide à la décision ont été développés avec une vision générique et transposable à d'autres cultures.

Dans cette configuration, seul le système serre est considéré, et ceci à travers 3 types de cultures ornementales présentant des contraintes spécifiques :

- le Gerbera fleurs coupées (architecture végétale particulière, sensibilité et fragilité de la fleur) ;
- les Plantes en pots (déplacements des plantes durant la production, vide sanitaire partiel ou total) ;
- le Rosier et gerbera en pots (production exotique à la Réunion soumise à restriction quant à la diversité et à l'origine des auxiliaires introduits).

Le réseau d'échange et d'expérimentation est composé de huit sites différenciés. Ce réseau diversifié vient compléter un réseau existant composé de 9 sites de production de roses « fleurs coupées » issu du projet CasDAR 2012-2014 « OAD Serre ». le réseau OTELHO a permis l'amélioration des modules et outils du Sophiadatamarket, l'amélioration des protocoles d'échantillonnage à adapter aux différentes cultures horticoles du projet.

PROTOTYPAGE DES OUTILS TELEMATIQUES DU SOPHIADATAMARKET

La démarche choisie pour rendre les outils utilisables en contexte de production est de proposer leur utilisation, après prototypage par et pour la profession, dans le cadre de l'objectif Ecophyto2018. Pour réussir ce défi avec les professionnels, leur volonté et l'obligation de rupture doit nécessairement correspondre à une offre de stratégies éprouvées incluant des moyens de décisions adaptés, afin de limiter les incertitudes et par conséquent la prise de risque.

C'est pourquoi, après formation sur site des expérimentateurs du réseau, l'utilisation des outils pour le suivi des parcelles expérimentales a permis d'une part de prototyper de nouveaux modules (enregistrement des traitements hebdomadaires et de leurs indices de fréquence de traitement, modules de saisie hors connexion) (tableau 1) à partir de nouveaux outils télématiques telles que les différentes tablettes tactiles disponibles sur le marché et d'autre part de carrosser les modules existants pour la visualisation spatio-temporelle des populations des bioagresseurs (Figure 1) et pour la visualisation à l'échelle d'une campagne des dynamiques de population (Figure 2).

Tableau 1 : Traitements conventionnels réalisés sur une culture de Gerbera plante en pot et enregistrés avec les outils télématiques

Title 1 : Usual treatments done on a Gerbera pot crop and recorded with telematic tools

	Produits commerciaux	Maîtrise des maladies et ravageurs	Mode d'application	Dose homologuée (L ou Kg) / ha (référence ephy)	Quantité de bouillie utilisée (en L/ha)	Quantité de produit utilisé (en L/ha ou Kg/ha)	Coefficient de surface traitée en %	IFT
pratique usuelle	PREVICUR	Champignons du sols	arrosage	140	10	30	10	0,02
	VERTIMEC	Thrips	pulvérisation	0,25	1000	0,50	50	1,0
	ADMIRAL	Aleurodes	pulvérisation	0,25	1000	0,50	50	1,0
	ROVRAL AQUA FLO	Botrytis	pulvérisation	1,5	1000	1,50	50	0,5
	CONSERVE	Thrips	pulvérisation	0,75	1000	0,75	50	0,5
	TEPPEKI	Pucerons/aleurodes	pulvérisation	0,14	1000	0,14	50	0,5
	VERTIMEC	Thrips	pulvérisation	0,25	1000	0,50	50	1,0
	TRIGARD	Minueuses	pulvérisation	0,4	1000	0,40	100	1,0
	FLAGSHIP PRO	pucerons/aleurodes	pulvérisation	5	1000	5,00	100	1,0
	ORYTIS	Thrips	pulvérisation	0,95	1000	0,95	100	1,0
	PIRIMOR G	Pucerons	pulvérisation	0,75	1000	0,75	100	1,0
TOTAL IFT								8,5

Figure 1 : Dynamique spatio-temporelle d'une population de thrips dans une serre de rosier « fleurs coupées » sur trois relevés hebdomadaires

Figure 1 : Spatio-temporal dynamic of a Thrips population in a cut flower rose greenhouse on three weekly observations

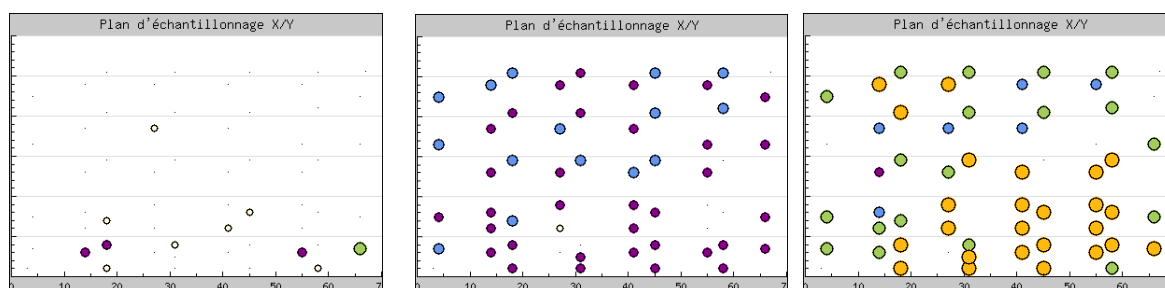
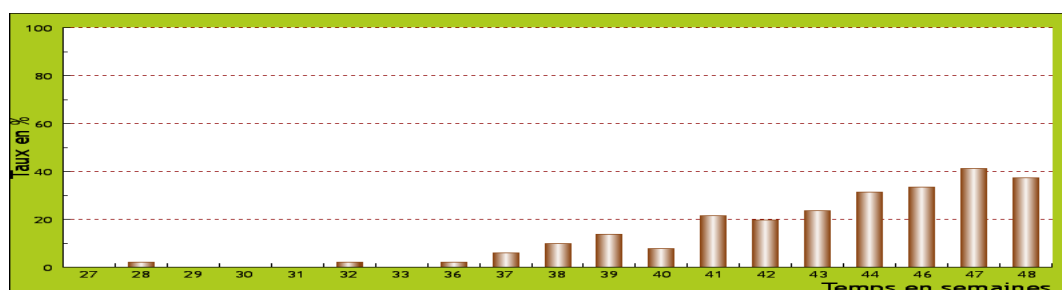


Figure 2 : Dynamique de population des acariens dans une serre de Gerbera « fleurs coupées » sur 19 semaines

Figure 2 : Dynamic of mites population in a Gerbera cut flowers crop on 19 weeks



LES STRATEGIES DE REDUCTION DES TRAITEMENTS TESTEES PREMIERES INDICATIONS

Outre le prototypage des outils en condition de production ou d'expérimentation, les deux premières années du projet ont permis d'évaluer des stratégies de réduction des IFT sur différents sites expérimentaux et sur les différentes cultures horticoles en comparaison aux stratégies conventionnelles.

Les premiers écarts par rapport aux « scores à battre » ont été enregistrés. (Tableau 2)

Les stratégies en test proposent des méthodes de biocontrôle soit par usage précoce (début de culture pour les plantes en pot) de la protection biologique intégrée soit par usage optimisé de

macro organismes auxiliaires de culture (modalités de lachers en plantes en pot et fleurs coupées, auxiliaires traditionnellement utilisé en maraîchage testés en culture de roses fleurs coupées), soit par usage de médiateurs chimiques (diffuseurs de kairomones contre thrips en plantes en pots) soit par usages de plantes de bio contrôle (Parolin *et al*, 2014), soit par absence de traitements chimiques (Rosier en culture tropicale).

TAUX DE REDUCTION DES IFT EN CULTURES HORTICOLES :

Cinq schémas de cultures horticoles innovants ont été testés et analysés en conditions réelles et comparés aux conduites conventionnelles (scores à battre)

Tableau 2 : Comparaison des IFT des cultures horticoles conduites en conventionnelles et conduites avec des stratégies innovantes

Table 2 : Comparison of TFI of horticultural crops under conventional conditions and under innovative strategies

	Stratégie conventionnelle « Score à battre » IFT	Stratégie innovante en test IFT	Taux de réduction	Caractéristiques et commentaires
Plante en pot <i>Pelargonium peltatum</i>	6.0	3.8	37%	Culture en serre verre en cycle court de 13 semaines
Plante en pot <i>Pelargonium peltatum</i>	2.1	2.0	5%	Culture en culture sous tunnel plastique En cycle court La stratégie innovant comprend un IFT vert de 1.0
Plante en pot <i>Gerbera jamesonii</i> 'Jaguar Mediterranean mix'	8.5	2.0	76.5%	Culture en serre verre en cycle court de 14 semaines
Plante en pot <i>Gerbera jamesonii</i>	32.37	11.62	64.10%	Culture en serre anticyclonique avec contrainte d'usage des auxiliaires de culture pour les stratégies innovantes
Fleur coupée <i>Rosa</i>	72	13.36	81.4%	Culture en serre anticyclonique avec contrainte d'usage des auxiliaires de culture pour les stratégies innovantes
Fleur coupée <i>Gerbera jamesonii</i>	160	72	55%	Une baisse significative mais il reste encore un problème majeur « acarien »

DISCUSSION

DES OUTILS POLYVALENTS POUR REPONDRE A TOUTES LES SITUATIONS :

Dans un contexte de changement quasi imposé, la prise de risque des professionnels nécessite d'être accompagnée et sécurisée. Le travail en réseau sur les cultures horticoles s'est imposé pour développer et tester de nouveaux outils télématiques d'accompagnement de la décision d'intervention phytosanitaire. Le travail multisite constitue un moyen original pour prendre en compte une grande diversité de cultures (fleurs coupées/plantes en pot ; cycle court/cycle long), une diversité de situation

sur le plan du climat (méditerranéen/océanique/tropical), une diversité sur le plan sanitaire (utilisation possible de moyen biologique de régulation/spécificités locorégionale). Il s'agit bien de l'objectif de généricité des outils et des situations. Le travail des six années du projet (2013-2018) permettra de mieux comprendre et de modéliser les déterminants du développement des épidémies et donc de mieux les anticiper et les réguler. C'est pourquoi des outils télématiques adaptés lors du projet vont faciliter l'accumulation de données sur les huit sites expérimentaux identifiés. Ces données permettront d'engager une réflexion pour la modélisation des épidémies.

UNE VISION FIABLE DE L'ETAT SANITAIRE DES CULTURES HORTICOLES : l'exigence du zéro défaut des productions horticoles, la réduction des molécules disponibles et leur baisse d'efficacité ainsi que l'impérieuse nécessité d'utiliser des méthodes alternatives de protection des plantes imposent un suivi fin de l'état sanitaire des cultures et donc l'utilisation de tous les moyens disponibles d'aide à la décision. Les outils proposés ici et en cours de prototypage en mode itératif avec les expérimentateurs permettent d'ores et déjà d'obtenir des éléments utiles à la décision (tableau des traitements, cartographies spatio-temporelles, courbe des dynamiques de population : tableau 1 et figure 1 et 2) en offrant de visualiser des dynamiques sur des pas de temps hebdomadaires. Cette démarche itérative a pour objectif de relier de façon efficace et dynamique les derniers savoir-faire et informations des acteurs travaillant en conditions réelles avec les dernières avancées scientifiques et technologique de façon à concevoir des outils d'aide à la décision et des méthodologies de protection innovantes, fiables et ne se heurtant pas à des problèmes basiques d'applicabilité en exploitations.

L'utilisation des outils permet à la fin de chaque cycle de culture d'éditer un bilan de campagne avec les principaux problèmes sanitaires et de qualifier leur intensité. Cela est particulièrement intéressant pour sélectionner les cibles d'intérêt majeur, mais aussi pour évaluer la pertinence des actions de contrôle et ainsi les marges de progrès à parcourir. La visualisation hebdomadaire des actions de suivi des bioagresseurs permet d'une part d'imaginer les évolutions des épidémies et d'autre part d'intervenir dès que possible en fonction des seuils de sensibilité propres à chaque entreprise et chaque culture.

UNE REDUCTION DU NIVEAU D'USAGE DES PESTICIDES POSSIBLE SOUS RESERVE DE LEVER DES IMPASSES : les outils développés sont opérationnels pour le suivi d'expérimentations de réduction des usages phytosanitaires en cultures horticoles. Les deux premières années d'expérimentation ont permis d'identifier les « scores à battre » (niveau d'IFT en conditions conventionnelles) et de les mettre en regard des IFT des stratégies alternatives en test. Les premiers résultats sous réserve de la reproductibilité des essais et de la régularité des conditions climatiques à mettre en regard avec les épidémies, mettent en évidence : que des marges de progrès sont possibles en culture de plantes en pot et de fleurs coupées (réduction de 5% à 81,4%) (Tableau 2), que ces marges de manœuvre sont variables qu'il s'agisse de culture en cycle court avec un vide sanitaire et IFT conventionnel déjà de bas niveau ou de culture en cycle long sur plusieurs années pour les fleurs coupées avec des IFT conventionnels élevés (tableau 1).

Malgré des observations encourageantes sur deux années, il reste des impasses importantes en culture ornementales sous serre en cycle long avec des ravageurs majeurs (Thrips, aleurodes, acarins) pour lesquels les solutions alternatives ne sont pas encore complètement opérationnelles et/ou les interactions entre bioagresseurs viennent compliquer leur mise en œuvre et/ou il existe encore une grande variabilité interannuel des épidémies.

Par ailleurs, en conditions tropicales avec des contraintes d'introduction de nouveaux auxiliaires couramment utilisés en métropole, la réduction des usages phytosanitaires reste dépendante des conditions climatiques et des épidémies. L'impact sur la qualité des récoltes est important, il pose la question de la valorisation des productions qui dépend de leur acceptation par les marchés.

CONCLUSION

Les résultats des deux premières années du projet DEPHY ECOPHYTO « OTELHO » présentés dans cet article, constituent les étapes de prototypage des outils d'aides à la décision et les premiers tests en conditions réelles de stratégies de réduction des pesticides. Les premiers enseignements de l'usage des outils et des stratégies en test sont prometteurs. Il reste à améliorer la méthodologie d'échantillonnage (densité de point d'échantillonnage) pour réduire le temps d'observation dans les parcelles (nécessaire à l'élaboration d'un diagnostic) et à améliorer le design des outils, leur praticabilité. Il convient, compte tenu de la variabilité inter-annuelle des épidémies, de poursuivre l'expérimentation des stratégies alternatives.

De plus, les prochaines étapes du projet permettront d'engager un travail de modélisation pour développer un modèle décrivant la dynamique des populations des bioagresseurs afin de déterminer l'effet des interactions entre différents types de bioagresseurs en cultures horticoles. Puis la finalité de ce travail, sera de prédire l'abondance des populations de bioagresseurs, et d'évaluer la sensibilité de ces prédictions aux paramètres d'interaction entre bioagresseurs.

Ce travail permettra de proposer aux expérimentateurs puis aux producteurs des outils anticipant les épidémies et donc favorable via les méthodes alternatives testées à des interventions précoces.

De plus, le travail de ce projet Dephy Ecophyto engagé en réseau avec des partenaires de terrain pourra s'inscrire dans une dynamique plus large au sein d'une Unité Mixte Technologique (projet FIORIMED en cours d'évaluation) ou les partenaires souhaitent insister sur le fait que les cultures horticoles sous serre constituent un « laboratoire » pour la mise en œuvre réelle des concepts d'agro-écologie avec possibilité d'une généralité des résultats pour les autres systèmes de production.

En effet, le manque de solutions en termes de variétés résistantes et de pesticides compatibles impose à un recours réel à des méthodes de gestion utilisant de nouveaux outils d'aide à la décision et les services écosystémiques fournis par l'agro-écosystème.

REMERCIEMENTS

A Jade, Hugo et Géraldine pour leur patience estivale.

A l'ensemble des acteurs et expérimentateurs de l'Institut Astredhor.

A l'Inra qui m'accueille dans ses locaux.

A Michel Dessus pour sa vision de l'importance de l'innovation comme moteur du changement des pratiques agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

Bielza P., Quinto V., Fernandez E., Gravalos C. and Contreras J. (2007). Genetics of spinosad resistance in *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera : Thripidae). *J. Econ. Entomol.*, 100: 916-920.

Boll, R., Marchal, C., Poncet, C. and Lapchin, L. 2007. Rapid visual estimates of thrips (Thysanoptera : Thripidae) densities on cucumber and rose crops. *J. Econ. Entomol.* 100: 225-232.

Boll R, Bout A & Poncet C (2009). Forecasting population dynamics of mites from scouting and climatic data on greenhouse cut roses. *IOBC/WPRS Bull* 49: 121-126.

Boll R, Bout A, Doise S, Bernardet X and Poncet C (2011). Data market as a realistic tool for decision-making in IPM challenge. *Acta Horticulturae*, 919, 163-170.

Bout A, Boll R & Poncet C (2009). Quick pest and disease scouting to implement IPM in greenhouse rose crops. *IOBC/WPRS Bull* 49: 155-160.

Bout A, Boll R, Mailleret L, Poncet C (2010). Realistic Global Scouting for Pests and Diseases on Cut Rose Crops. *Journal of Economic Entomology*. 103 : 2242-2248.

Desneux N., Decourtye A., Delpuech J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.

Lhoste-Drouineau A., 2004. Ravageurs aériens : thrips, aleurodes, acariens sur Gerbera. Journées techniques 13 et 14 janvier 2004 à Nantes. Dossier technique Astredhor 0401 : 129-135.

Marchal C., Boll R., Julien P., Lapchin L. et Poncet C., 2004. Protection intégrée en serre de rosier : suivi des bioagresseurs et aide à la décision. Dossier PHM - Revue-Horticole, 461

Parolin P, Bresch C, Poncet C, Desneux N. 2014. Introducing the term 'Biocontrol Plants' for Integrated Pest Management, *Scientia Agric.* 71:77-80.

Poncet C, Lemesle V, Mailleret L, Bout A, Boll R & Vaglio J (2010). Spatio-temporal analysis of plant pests in a greenhouse using a Bayesian approach. *Agricultural and Forest Entomology* (12): 325-332.

Poncet C, Mailleret L, Desneux N, Muller M, Bout A, Brun R, Pizzol J, Boll R, Bresch C, Parolin P, Fatnassi H (2012). Ecological approach of greenhouse agro-ecosystem: practical interest for IPM. *Acta Horticulturae*.

Weisenburger D.D. (1993). Human health - effects of agrichemical use. *Hum. Pathol.*, 24: 571-576.