

OTELHO : Vers une horticulture connectée, suivi des macroorganismes pour réduire les pesticides

Paris B.^{1,6}, Doise S.², Maugin E.³, Fillâtre J.⁴, Cabeu I.⁴, Drouineau A.⁵, Denegri T.⁵, Fatnassi H.², Bresch C.², Poncet C.²

¹ ASTREDHOR, 44 rue d'Alésia, F-75682 Paris Cedex 14

² INRA UMR 1355 Institut Sophia Agrobiotech, F-06900 Sophia Antipolis

³ ASTREDHOR Sud-Ouest, 71 Avenue Edouard Bourlax, BP 81, F-33140 Villenave-d'Ornon cedex

⁴ ARMEFLHOR, 1 chemin de l'IRFA, F-97410 Saint Pierre, La Réunion

⁵ ASTREDHOR Méditerranée SCRADH, 727 Avenue Alfred Decugis, F-83400 Hyères

⁶ Chambre d'agriculture des Alpes-Maritimes, MIN Fleurs 17-box85, F-06296 Nice cedex 3

Correspondance : bruno.paris@astredhor.fr ; bruno.paris@inra.fr

Résumé

L'acceptabilité environnementale des cultures horticoles est questionnée aujourd'hui notamment au regard de l'usage des pesticides. Le projet OTELHO a développé un outil d'aide à la décision nommé S@M, utile au suivi des cultures et à la connaissance des épidémies, étape indispensable à la prise de décision d'intervention. Pour répondre aux enjeux environnementaux et de santé, les partenaires de ce projet DEPHY EXPE ont construit à la fois un réseau expérimental et une méthode de travail centrée sur la co-conception. Ils ont éprouvé l'outil S@M et caractérisé une combinaison de solutions techniques viables permettant de réduire significativement l'usage des pesticides en horticulture. Les travaux ont été conduits à la fois en station expérimentale et en exploitation sur trois systèmes, les plantes en pots, le gerbera fleurs coupées, le rosier fleurs coupées. A l'issue de six années de prototypage de l'OAD S@M divers modules sont aujourd'hui stabilisés et utilisés par les expérimentateurs et les conseillers en entreprise. Les essais sur les différents systèmes de culture ont permis de valider dans certaines conditions des combinaisons de leviers pour réduire l'usage des pesticides de plus de 50%.

Mots-clés : Outil d'aide à la décision, Ecophyto, Auxiliaires de culture, Essai système, Protection des cultures

Abstract : **OTELHO: Towards a connected horticulture, reduce pesticides by monitoring macro-organisms.**

The environmental acceptability of horticultural crops is questioned today, particularly with regard to the use of pesticides. The OTELHO project has developed a S@M decision support tool, useful for crop monitoring and knowledge of epidemics, an essential step in decision making. To meet the environmental and health challenges, DEPHY EXPE project partners have built both an experimental network and a co-design-centered work method to test the S@M tool and characterize a combination of technical viable solutions to significantly reduce the use of pesticides in horticulture. The work was conducted both in experimental station and in farms on three systems, potted plants, gerbera cut flowers, rose cut flowers. After six years of prototyping the OAD S@M various decision support modules are now stabilized and used by the experimenters and business consultants. Trials on different cropping systems made it possible to validate combinations of levers under certain conditions to reduce the use of pesticides by more than 50%.

Keywords : Decision Support Tool, Ecophyto, Crop Auxiliaries, System Test, Crop protection

Introduction

La valeur de la production horticole ornementale française est de 2.4 Milliards d'euros en 2015, mais elle accuse un déficit de la balance commerciale d'environ 1 Milliard d'euros. La filière génère environ 40 000 emplois (FranceAgriMer, 2017). C'est une production intensive et complexe qui doit faire face aujourd'hui à une concurrence étrangère très dure (importations de fleurs et plantes ornementales en provenance de pays tiers). Il reste aujourd'hui 3 pôles de production en France métropolitaine : Var-Alpes-Maritimes, Loire-Bretagne et Sud-Ouest. Il existe également en territoires d'outremer une horticulture ornementale dynamique et spécifique à la fois du fait de certaines contraintes réglementaires et du fait des produits qu'elle propose au marché. Ce type d'horticulture représente des zones à fort potentiel de développements économique et social.

L'acceptabilité environnementale des cultures horticoles est questionnée aujourd'hui sur deux points principaux : l'énergie (pour les cultures sous serres) et les pesticides, pour lesquels peu de données statistiques sont disponibles (Jeannequin et al., 2011). Concernant les pesticides, la question constitue un verrou fondamental car il n'est pas rare que les cultures horticoles génèrent des indices de fréquence de traitement très importants (supérieurs à 150). En effet, les cultures horticoles constituent des produits à forte valeur ajoutée qui doivent être indemnes des défauts que peuvent notamment provoquer maladies et ravageurs. Or, comparé aux fruits et légumes, le produit final est souvent complexe avec des fleurs, des tiges et des feuilles ce qui nécessite une démarche très contraignante du point de vue sanitaire avec notamment des seuils de tolérances plus faibles qu'en cultures légumières.

Le secteur horticole se caractérise par d'autres facteurs de complexité. Certaines espèces horticoles, comme le rosier ou le gerbera pour la fleur coupée, se cultivent sur plusieurs années sans possibilité de vide sanitaire périodique de la culture. De même, pour les plantes en pots, où plusieurs cycles de culture ou 'séries' peuvent être réalisés sur la même surface pendant l'année sans interruption. Par ailleurs, l'horticulture réunionnaise insulaire est un bon exemple de contexte de production avec contrainte car le territoire est concerné par le même cortège de bioagresseurs qu'en métropole mais avec des possibilités d'introduction de macroorganismes restreintes du fait de la réglementation. En ce sens les travaux conduits constituent un laboratoire pour la réduction des pesticides en horticulture.

1. Prototyper un outil d'aide à la décision via un réseau de sites expérimentaux

Démarré en 2013, le projet OTELHO avait un double objectif, (i) développer un outil d'aide à la décision permettant à la fois d'orienter les décisions d'intervention des horticulteurs pour réduire l'usage des produits chimiques et permettant l'analyse des systèmes expérimentaux mis en place, (ii) mettre en place des parcelles expérimentales à l'image des systèmes de production professionnels ou directement sur des parcelles de producteurs pour y tester des combinaisons de leviers favorables à une production viable respectueuse des objectifs du plan Ecophyto.

1.1 Prototypage de S@M

S'appuyant sur une base de données créée par et pour la recherche, et pré-prototypée sur culture de rosier dans le cadre du projet CasDAR 2012-2014 OAD Serre (Robert et al., 2015 ; Robert et al., 2017), les partenaires ont utilisé et amélioré un OAD dénommé S@M aujourd'hui porté par l'UMT FioriMed (Paris et al., 2017).

Développé initialement en langage PHP (langage conçu pour des applications web) par l'INRA en interne, le projet OTELHO a permis la réécriture de tout le code existant et des nouvelles pages en langage REACT (langage JavaScript idéal pour développer rapidement des applications mobiles natives).

Prototypé par les utilisateurs et l'équipe de l'UMT FioriMed avec l'appui de développeurs informatiques, l'outil a été co-conçu soit grâce à des prestations bordées dans le temps soit en fin de projet sous la

forme d'un marché inscrit dans la durée via la formalisation d'un cahier des charges pour l'évolution de S@M (correction des bugs constatés en temps réel et améliorations sur demande des utilisateurs).

A l'issue des phases annuelles de prototypage et à la faveur de financements complémentaires issus de projets européens (Eranet SmartIPM, Interreg Marittimo IS@M) S@M est maintenant un site web robuste actualisé utilisable au bureau ou en en mode connecté et une application mobile utilisable au champ hors connexion sur tablettes ou smartphones afin de répondre au standard actuel de la mobilité (Figure 1).

S@M est un ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, stocker, traiter et diffuser l'information nécessaire à la mise en place d'une stratégie fiable de protection intégrée favorisant la lutte biologique contre les bioagresseurs des cultures. S@M permet de réaliser des suivis épidémiologiques sur les parcelles, d'enregistrer les données climatiques parcellaires, d'enregistrer les données d'intervention biologique et chimique (Paris et al., 2017). Cet outil offre la possibilité d'éditer des cartographies des épidémies spatio-temporelles, des dynamiques de population de bioagresseurs et des auxiliaires des cultures et des tableaux de traitement, des tableaux des coûts de la protection sanitaire d'une parcelle.



Figure 1 : Interface de la page d'accueil du site web S@M (à gauche) et entrée de l'application mobile (à droite) avec modules pour le suivi épidémiologique, les éditions graphiques, le conseil et la formation.

Pour utiliser S@M, le chef de file du projet a organisé à la fois des sessions de formation à l'utilisation de l'outil, à chaque évolution de l'interface utilisateur ou à chaque nouveau module et des sessions de co-conception de l'outil pour répondre aux besoins des utilisateurs de terrain et pour étoffer un cahier des charges à soumettre aux prestataires informatiques. Les formations à l'utilisation de S@M ont été réalisées annuellement soit en salle pour la prise en compte des modifications importantes soit en sites expérimentaux pour des aspects plus pratiques de démonstration auprès des producteurs (Fillâtre et al., 2014).

Après différentes phases de contractualisation avec des prestataires informatiques de la technopole de Sophia-Antipolis et à la faveur de financements de différents projets (Eranet SmartIPM 2016-2019 et Interreg Marittimo IS@M 2017-2018) une startup de bio-informatique nouvellement créée a été retenue pour développer l'application mobile de S@M (startup IBC). A chaque changement opéré dans S@M, une évaluation des utilisateurs a été réalisée en mode aller-retour avec les développeurs pour validation, correction des bugs et prise en compte des nouvelles améliorations proposées par les utilisateurs.

La mise en place d'un tableau de bord utilisateur (Figure 2) permet à chaque utilisateur, chercheur, expérimentateur, conseiller ou producteur de disposer dès l'ouverture de l'application d'un état météorologique, épidémiologique et d'un calendrier des suivis parcellaires en cours, un état des préconisations parcellaires et d'alertes « tendance d'évolution des épidémies ».

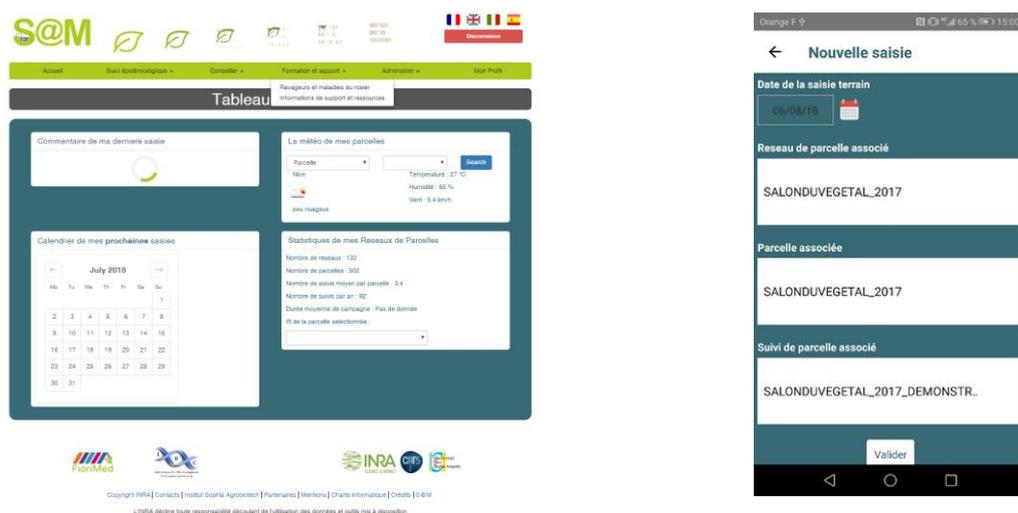


Figure 2 : Exemple de tableau de bord utilisateur sur S@M (à gauche) et page de saisie sur application mobile (à droite).

En évolution permanente à la fois du fait de l'augmentation du nombre d'utilisateurs et des systèmes de culture testés, S@M sera proposé dans de nouveaux projets pour injecter les améliorations souhaitées et souhaitables par/pour les utilisateurs.

1.2 Création d'un réseau de sites expérimentaux

Sept sites expérimentaux ont été identifiés en fonction des partenaires, pour prendre en compte la diversité des situations et analyser les systèmes de production (Houllier, 2007). Les systèmes suivants ont été travaillés :

- Le gerbera fleurs coupées : un site station à ASTREDHOR Méditerranée SCRADH et un site producteur dans le bassin hiérois,
- Les plantes en pot en métropole : un site station à ASTREDHOR Sud-Ouest et deux sites producteurs en région aquitaine,
- Le rosier et la plante en pot à La Réunion : un site station Rosier à l'institut ARMEFLHOR, un site producteur au sud-ouest de l'île.

Les systèmes retenus ont été choisis, car ils représentent à la fois des cas d'étude avec des niveaux d'interventions phytosanitaires importants, avec des contraintes spécifiques (rosier et gerbera production sans vide sanitaire, production insulaire sans possibilité d'introduction de macroorganismes) et des productions importantes pour la filière horticole que sont les cultures du rosier, du gerbera et des plantes en pot.

Dans toutes les cultures retenues pour le projet OTELHO, il est important de prendre en compte dans son ensemble le cortège de bio-agresseur présent. L'analyse des bulletins de santé du végétal en région (BSV PACA fleurs coupées, BSV Réunion Cultures ornementales, BSV Nouvelle Aquitaine Horticulture Pépinière grand Sud-ouest), permet d'indiquer que 5 ravageurs sont prépondérants dans les cultures ornementales (Thrips, acarien, chenille, puceron, aleurode) et 3 maladies sont majeures (Botrytis, Oïdium et Mildiou).

Concernant la culture de rosier pour la fleur coupée, le thrips (*Frankliniella occidentalis*) (Pizzol et al., 2014) constitue avec l'oïdium, le principal facteur de blocage pour un passage réussi à la protection intégrée des cultures en entreprises. En culture de gerbera pour la fleur coupée, le thrips, l'acarien et l'aleurode des serres sont les trois ravageurs pour lesquels des options ou solutions sont attendues et de la même manière pour l'oïdium et le botrytis. En matière de plantes en pot, le choix du pélagonium

s'impose comme une référence en horticulture, comme plante modèle de la recherche de solutions alternatives pour lutter contre le thrips, les pucerons, les acariens et les chenilles défoliatrices et celle du cyclamen pour la problématique thrips et botrytis (cf. fiches Site projet DEPHY EXPE Ecophytopic).

Du fait d'un cortège de bio-agresseurs important, le suivi épidémiologique avec S@M dans les différents systèmes étudiés devient un élément crucial de la décision. Il permet par son automatisation de gagner du temps, de l'efficacité et il participe à la formation des utilisateurs professionnels (expérimentateurs, conseillers et producteurs) (Reboud et al., 2017).

2. Tester des leviers et les diffuser aux utilisateurs professionnels

2.1 Utilisation de leviers existants et introduction de nouveaux leviers pour réduire les pesticides

Les partenaires ont posé comme hypothèse essentielle que les surveillances épidémiologique et climatique constituaient le premier levier pour mener à bien la mise en œuvre de la protection intégrée des cultures en horticulture. De fait, sur la base des travaux de recherche conduits à l'INRA de Sophia-Antipolis (Poncet et al., 2008 ; Bout et al., 2010), les acteurs du projet OTELHO ont construit des protocoles d'échantillonnage de terrain qu'ils ont harmonisé pour les rendre robustes, fiables et adaptés aux besoins d'une observation rapide en exploitation et pertinente pour caractériser les épidémies. Cette méthodologie permet en outre la saisie sur S@M et l'édition de cartographies spatio-temporelles pour visualiser plus facilement l'évolution des épidémies (une représentation de ce qui se passe dans les systèmes de culture).

Les macroorganismes issus des bio-fabriques (la Coccinelle pour la Réunion et les entreprises traditionnelles pour la métropole) constituent le deuxième levier majeur qui a été largement proposé de manière transversale à tous les systèmes pour réduire l'usage des pesticides dans le contrôle des insectes ravageurs. Les macroorganismes utilisés sont soit des acariens prédateurs comme *Amblyseius swirskii*, un prédateur facultatif largement utilisé contre thrips et aleurodes, ou *Amblyseius cucumeris* prédateur de thrips, soit des punaises prédatrices telles *Macrolophus spp* ou *Nesidiocoris volucer* (à la Réunion) voire *Orius laevigatus* testé sur rosier à la Réunion.

Hormis la punaise *Orius laevigatus*, tous les macroorganismes ont été testés sur les sites stations et producteurs. Le projet a permis d'identifier des macroorganismes indigènes dont certains ont été élevés (cas de la Réunion) et testés en sites expérimentaux. De fait *Amblyseius swirskii* est un pilier de la protection intégrée des cultures ornementales dans tous les systèmes étudiés qu'il soit introduit ou indigène.

En outre, le projet a permis d'identifier des auxiliaires indigènes jouant un rôle important dans le contrôle biologique des ravageurs ie *Amblyseius swirskii*, *Nesidiocoris volucer*, *Coenosia attenuata* (mouche prédatrice d'aleurodes), *Encarsia bimaculata* (ennemi naturel de l'aleurode du tabac).

Les champignons entomopathogènes ont également été utilisés comme levier dans les nouveaux schémas de culture des systèmes testés.

Dans le cadre de ce projet des travaux préliminaires ont été initiés. Ils visent à faciliter l'installation des populations d'auxiliaires, ainsi deux leviers ont été testés : le nourrissage et l'installation de micro-habitats favorables aux auxiliaires, avec le cas des matériaux alternatifs (Bresch et al., 2018 ; Drouineau et Descamps, 2018).

2.2 La diffusion des résultats

Depuis mars 2015, ce projet est intégré à l'UMT FioriMed créée dans l'objectif d'apporter des options ou solutions robustes pour la réduction de l'usage des pesticides dans la multiplicité de système de

production horticole. De nombreux projets complètent et facilitent les travaux conduits dans OTELHO notamment pour le financement du développement informatique de S@M.

L'équipe projet assure la diffusion de ces travaux en direction d'un public large, allant des expérimentateurs, aux conseillers, aux chercheurs et aux producteurs sans oublier les apprenants des lycées agricoles et le grand public. Différents documents ont été produits tels : fiche projet, fiches sites, fiches systèmes et schémas décisionnels. Diverses journées de rencontres annuelles avec les producteurs sur les sites expérimentaux, des expérimentateurs et conseillers via l'organisation sur Sophia Antipolis en novembre 2016 des journées PBI de l'Institut technique ASTREDHOR (<http://www.umt-fiorimed.fr/Actualites/Les-ateliers-de-l-UMT>).

Une diffusion sous forme de publication a été réalisée via la participation en mars 2015 au congrès AFPP de Lille (poster et publication (Paris et al., 2015)) et en pilotant et réalisant à mi-parcours du projet une publication complète dans la revue Phytoma de février 2017 numéro 701. En dernière année du projet, les partenaires ont organisé sur le site de l'ARMEFLHOR à la fois une journée de restitution du projet OTELHO, une journée ouverte à d'autres systèmes de culture (maraichage, agrumiculture) et des ateliers de réflexion pour la co-conception des systèmes horticole « Zéro-Pesticides » et sur la thématique « climat et lumière pour la protection des plantes horticoles ». (<http://horti-ppam.ecophytopic.fr/hp/agenda/journ%C3%A9es-umt-fiorimed-armeflhor>).

3. Résultats obtenus

3.1 Des résultats contrastés en fonction des systèmes étudiés

Les systèmes étudiés sur la durée du projet présentent des résultats contrastés au vu des objectifs de réduction des pesticides et du transfert en entreprises. Des différences sont aussi observées entre les sites des stations expérimentales et les sites producteurs parmi les trois systèmes étudiés : gerbera fleur coupée, rose fleur coupée en condition insulaire tropicale, et plantes en pot.

3.1.1 Gerbera fleur coupée

Cette culture sans vide sanitaire pendant trois années consécutives connaît plusieurs problématiques parasitaires pouvant agir simultanément (Figure 3). La lutte chimique contre certains phytophages (thrips, aleurodes, acariens) est dans l'impasse et les alternatives biologiques n'assurent pas une production de qualité sur une campagne. L'impact agronomique est grandissant, la rentabilité de la production de gerbera est remise en question.



Figure 3 : Culture sous serre de gerbera conduite en hors-sol et en protection intégrée en 2016 –Site station ASTREDHOR Méditerranée SCRADH.

Du fait d'un cortège de bio-agresseurs important, la protection du gerbera reste complexe et nécessite une forte anticipation permise par la surveillance épidémiologique accompagnée par l'outil d'aide à la

décision S@M. Durant les six années de culture, la combinaison de leviers utilisée érigée en principe, la même d'une année sur l'autre, a été mise en œuvre et évaluée à la fois en station et en site producteur. Les leviers testés sont les suivants : – le suivi épidémiologique – les lâchers de macroorganismes du commerce – le nourrissage du commerce – les traitements chimiques – dans le cadre d'une protection biologique intégrée globale. La seule différence identifiable entre les années se situe au niveau du positionnement des interventions induit par l'analyse des suivis épidémiologiques. De cette combinaison, il ressort que le maintien permanent des agents de lutte biologique (acariens prédateurs spécialisés ou généralistes) est le principal levier pour lutter contre les nuisibles et réduire des intrants (Drouineau et al., 2017).

Par rapport à une situation conventionnelle située autour d'un IFT total entre 120 et 160, la variabilité observée dans la baisse d'IFT interannuelle durant les campagnes de production bisannuelle peut être expliquée par la variabilité climatique impactant les maladies, l'amélioration de la gamme de microorganismes du commerce disponible, l'émergence d'auxiliaires indigènes. Cette baisse significative de 66 à 75% sous-entend que les alternatives biologiques sont efficaces. A titre d'exemple, un IFT de 40 atteint sur la campagne 2016-2017 (Figure 4) est révélateur d'une avancée technique, bien que le niveau de pesticides utilisés reste élevé du fait des maladies et du thrips. Le coût de la protection biologique est de 9,63€/m² de serre pour deux années, représentant une part élevée du coût de la protection de Gerbera, comparé à un coût global en protection conventionnelle s'élevant en moyenne à 3€/m²/an soit 6€ pour les 2 années (Denegri et al., 2015).

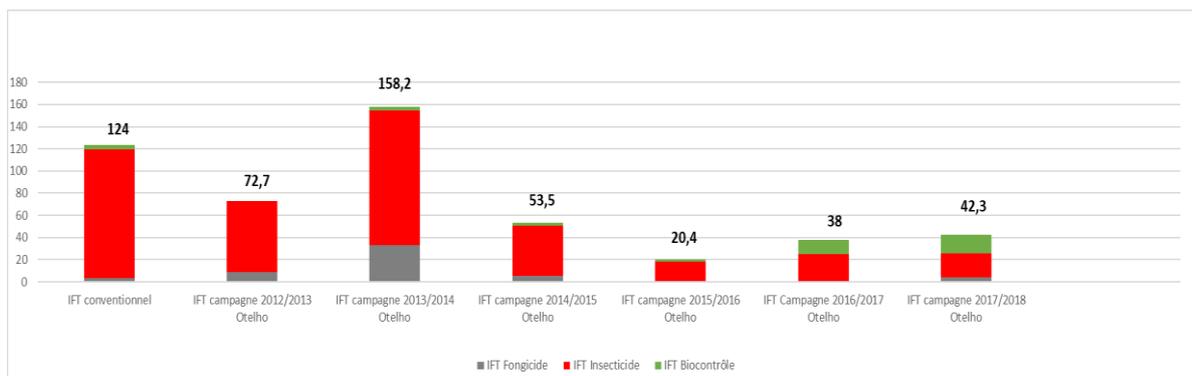


Figure 4 : Evolution de l'IFT total sur Gerbera sur une période d'essai de 2013 à 2018 en site Station ASTREDHOR Méditerranée SCRADH

Une rupture dans la méthode de gestion de ces cultures doit encore être opérée pour réduire les coûts et pour plus d'efficacité. En effet plus d'un traitement par semaine constitue à la fois une contrainte économique pour la mise en œuvre et une contrainte sanitaire du fait des délais de ré-entrée après traitement pour effectuer les tâches de nettoyage des cultures et de récolte des fleurs.

Par ailleurs, le différentiel existant encore entre la production en condition expérimentale dite « de station » et celle chez le producteur constitue un frein au transfert des outils de protection biologique. La résistance au changement des pratiques chez les producteurs nécessite toujours plus de démonstration. L'expérimentation système comparative conduite en station et exploitation est le bon moyen pour y parvenir.

3.1.2 Rosier fleurs coupées insulaire en zone tropicale

Cette culture sans vide sanitaire sur 5 à 7 années connaît de nombreuses problématiques parasitaires (Figure 5). Plus particulièrement, trouver des alternatives phytosanitaires durables pour répondre aux problématiques sanitaires complexes. Les thrips et acariens tétranyques (fleurs coupées et potées fleuries) sont identifiés comme les plus grands freins phytosanitaires au développement de la production locale (Cabinets 3A Overseas - MF Petitjean Conseil Etude Stratégique 2016).



Figure 5 : Culture sous serre de rosier conduite en pleine terre et en protection intégrée en 2016 avec comme plante relais *Cyperus papyrus* L. en site station.

L'étude stratégique préconise par ailleurs que l'ARMEFLHOR introduise un programme de démonstration sur les sites d'horticulteurs partenaires pour être en mesure de répondre à leurs besoins de transfert des techniques de Protection Biologique Intégrée. Le projet OTELHO a permis le démarrage de la PBI en cultures horticoles à la Réunion via le test de leviers pour réduire l'usage des pesticides ; en fin de programme une première phase de transfert des méthodes outils a été initiée. (Fillâtre et al., 2017).

Le climat chaud de l'île raccourcit le cycle des bio-agresseurs, ce qui contribue au développement rapide de résistances aux produits phytosanitaires. Pour les fleurs coupées, et plus particulièrement la rose, les horticulteurs sont dans une impasse sanitaire et la production locale cède des parts de marché à l'importation. La relance de la production locale de fleurs coupées mais aussi le maintien de la qualité des potées fleuries passent par une bonne maîtrise sanitaire.

L'IFT conventionnel (Figure 6) correspond à un emploi excédentaire et massif d'insecticides, liés à une stratégie de traitements préventifs (mésusage, non-respect des produits et des doses homologués, mélanges excessifs et inutiles de différentes molécules chimiques, jusqu'à 5-6), avec pour conséquences la mise en place d'une forte résistance des thrips et donc une impasse sanitaire.

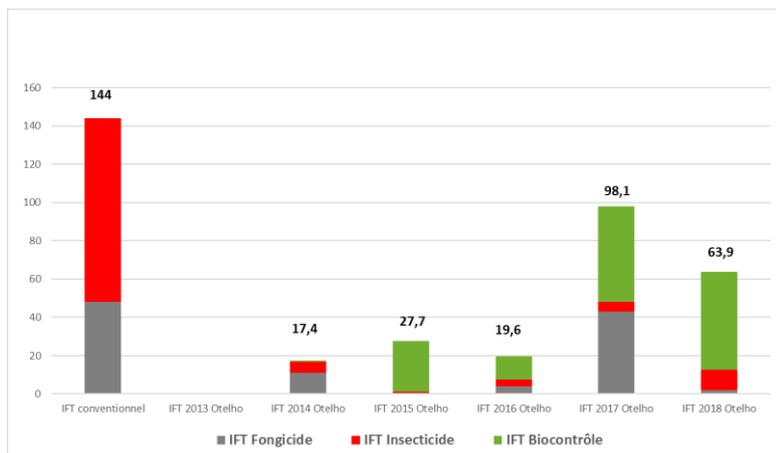


Figure 6 : Evolution de l'IFT total sur Rosier fleurs coupées sur une période d'essai en station de 2014 à 2018.

En septembre 2013, l'intégration au projet OTELHO a permis de mettre en place une stratégie globale (combinaison de leviers) de lutte raisonnée. En 2014 : en mai, les suivis avec S@M permettent de découvrir sous la serre, l'acarien prédateur *Amblyseius swirskii*, formellement identifié en 2015 (Kreiter et al., 2015). De toute évidence les bons résultats enregistrés cette année-là, sont la conséquence de sa présence et de son activité.

En 2015-2016, la mise en place de la PBI de conservation vis-à-vis de l'acarien auxiliaire passe par le nourrissage (Nutrimite, Artemac) et l'usage de produits de biocontrôle (soufre, *Beauveria bassiana*,...). En 2017, la remontée de l'IFT est induite par le climat et correspond à une recrudescence des traitements au soufre contre l'oïdium et à la lutte contre les cochenilles farineuses. L'année 2018 fut marquée par des intempéries exceptionnelles, la recrudescence des thrips et des cochenilles en été, ainsi que de fortes attaques d'oïdium en saison fraîche, qui font remonter l'IFT.

Cependant, les années 2017 et 2018, avec un IFT respectivement de 98,1 et 63,9 témoignent d'une avancée significative car de nombreux traitements de biocontrôle ont été utilisés, notamment le *B. bassiana* (BOTANIGARD contre thrips), le soufre (oïdium et tarsonèmes), les bicarbonates de potassium et de sodium (oïdium), du savon noir (puccinons, oïdium) et des huiles comme insecticides (paraffine, colza). Ces niveaux d'IFT issus d'une combinaison de leviers du biocontrôle, et de la montée en puissance de l'action d'*Amblyseius swiskii* sont acceptables au regard des aspects qualitatifs des productions et de l'acceptabilité du marché local en roses coupées.

Malgré tout, la problématique oïdium reste prépondérante et peut remettre en cause les pratiques de protection intégrée. De même, le thrips est le facteur bloquant de ce système, car il peut se développer subitement et de manière incontrôlée, sans solution de bio-contrôle.

Les opérations de transfert conduites avec les producteurs en fin de programme, à la faveur du projet OTELHO permettent d'espérer une bonne appropriation à la fois des méthodes de suivi épidémiologique et des leviers du biocontrôle mis en œuvre dans l'essai station ARMEFLHOR (Fillâtre et al., 2017).

3.1.3 Plantes en pot : géranium et cyclamen

Au cours de ce travail, nous avons d'abord travaillé sur des cultures de printemps et choisi le géranium pour son importance économique et la culture de gerbera pour l'importance du cortège parasitaire qu'elle héberge et donc l'intérêt d'y développer une approche système. Aux vues des réussites d'implantation des auxiliaires en potées de gerbera grâce à l'apport de pollen et aux résultats plus mitigés en culture de géranium, nous nous sommes intéressés sur le site de production aux autres cultures conduites en précédent cultural, à savoir les cultures d'été du poinsettia et du cyclamen.

Dans l'article, nous choisissons de présenter deux cultures de plantes en pot (Figure 7) sur les quatre étudiées, d'une part parce qu'elles couvrent un cycle de culture printanier pour une vente du géranium au printemps (4 mois) et un cycle d'été/automne (6 mois) pour le cyclamen et une vente hivernale.



Figure 7 : Culture de géranium 2015 (à gauche) et Cyclamen 2016 (à droite) en protection intégrée sur site producteur.

Par ailleurs, les problématiques sanitaires spécifiques de ces deux cultures et les enjeux économiques sont importants pour la filière. A ce jour, la gestion du thrips est celle qui reste la plus complexe à gérer notamment pour ces cultures de géranium et de cyclamen. Les regarder doit permettre d'appréhender les chemins encore à parcourir, et les avancées comme autant de perspectives positives.

Ces cultures courtes avec des IFT en culture conventionnelle de 6 pour le géranium et de 23 pour le cyclamen nécessitent d'être indemne de tous défauts. La réduction de l'usage des pesticides dans des successions de cultures courtes dans un même espace serre imposent d'agir sur la maîtrise des sources d'inoculum (prophylaxie), via la substitution des produits phytosanitaires par les leviers de la protection intégrée (lâchers d'auxiliaires, substances naturelles, piègeages...), via l'évitement avec d'autres alternatives comme le recours à la stimulation mécanique en alternative à la régulation chimique (Maugin et al., 2017).

Le contrôle du cortège de bio-agresseurs présents sur ces cultures repose principalement sur la maîtrise des ravageurs notamment les thrips, les pucerons, et des maladies comme le botrytis dont l'action altère la qualité commerciale des productions. Dans l'étude de ces systèmes, la réduction des pesticides passe par la montée en puissance des moyens de bio-contrôle (Figure 8) notamment en les associant pour agir contre plusieurs stades et plusieurs ravageurs simultanément.

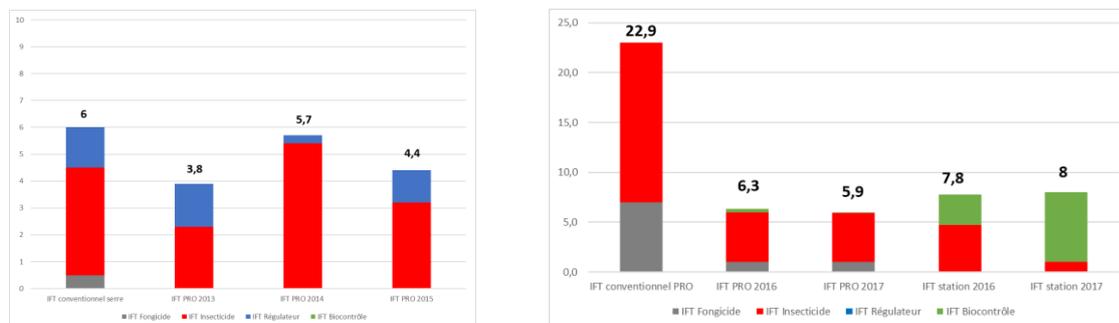


Figure 8 : Evolution de l'IFT total du géranium sur une période d'essai de 2013 à 2015 (à gauche) et du cyclamen sur une période de 2016 à 2017 (à droite).

Le passage des solutions en entreprise reste complexe, même si, à qualité des productions égales, des avancées de réduction des pesticides chez les producteurs (-74% pour le cyclamen sur 2 années d'essai ; -5 à -37% pour le géranium sur 3 années d'essai) ont été permises via une meilleure épidémiosurveillance avec S@M.

En effet, le thrips est le principal responsable de la variabilité interannuelle des IFT obtenus au cours des années d'expérimentations. Sur cette période, plusieurs insecticides de synthèse utilisés contre cette cible ont été retirés du marché, d'autres homologués temporairement tandis que les solutions alternatives à base de biocontrôle tardent à arriver.

Par ailleurs, une nouvelle espèce de thrips s'est fortement implantée durant l'essai en production sur cyclamen avec un potentiel de dommage important.

Enfin, le climat agit également comme un facteur prépondérant de réussite des stratégies. En culture d'été notamment avec des pics de chaleurs de plus en plus récurrents dans le Sud-Ouest, l'implantation des auxiliaires est plus ou moins réussie par manque d'hygrométrie et le recours à des traitements chimiques de nettoyage en fin d'été est nécessaire à l'obtention d'une qualité de vente acceptable. Ces interventions expliquent la variabilité interannuelle et la réticence des producteurs à maintenir une protection biologique.

3.2 Des leviers utilisés performants

3.2.1 Utilisation de S@M

Le suivi épidémiologique dans les systèmes de production horticole est particulièrement crucial du fait d'un cortège de bio-agresseurs important. La prise de décision d'intervention est de plus en plus complexe du fait de ce cortège de ravageurs et maladies, des impasses phytosanitaires, de l'émergence de nouveaux bio-agresseurs et de la mise en œuvre de la lutte biologique (Maugin et al., 2017). L'utilisation de S@M et des méthodes de suivi rapide développées à l'INRA de Sophia-Antipolis et harmonisées dans le cadre du projet OTELHO ont permis d'appréhender hebdomadairement l'évolution des épidémies des cultures étudiées et de mesurer en temps réel l'impact des leviers testés et des traitements en ultime recours. Le travail conduit dans OTELHO a permis d'adapter les protocoles d'observation à chaque parcelle, et de les introduire dans S@M comme méthode de référence pour de suivi des cultures étudiées (Thoisy et al., 2017). En outre, l'intégration des méthodes dans S@M et l'utilisation d'outils adaptés (Smartphones et tablettes) permet aujourd'hui de faire un suivi rapide, sécurisé au sein d'une base de données et d'éditer des dynamiques de population des bio-agresseurs et bio-défenseurs, des cartographies spatio-temporelles et des alertes « tendance d'évolution des maladies et ravageurs ». La prise de décision est plus rapide et les interventions mieux ciblées et localisées.

3.2.2 Les macroorganismes

De manière transversale dans l'ensemble des systèmes de culture étudiés, l'apport des macroorganismes sous forme de lâchers inondatifs ou par conservation dans les cultures tout au long des cycles de production est majeur. Dans le cadre de ce projet, la démonstration de leur efficacité pour le contrôle des ravageurs est faite. Par exemple, l'utilisation de l'acarien auxiliaire *Amblyseius swirskii* pour le contrôle des thrips, reste en culture de gerbera, de rosier tropical et de plantes en pot un auxiliaire majeur de la protection intégrée des cultures horticoles. Il n'est toutefois pas toujours suffisant (cas des plantes en pot, du rosier et du gerbera) que ce soit pour des raisons climatiques, pour des raisons physiques (conditions d'installation), pour des raisons biologiques (présence ou pas de proie « nourriture ») ou pour des raisons économiques (coût des lâchers). Des approches combinées de plusieurs auxiliaires visant les différents stades des ravageurs sont nécessaires pour protéger les cultures.

3.2.3 Le nourrissage

Faut-il accroître la diversité biologique à l'intérieur des serres ou favoriser les approches de conservation, avant d'engager des approches d'augmentation ? (Michaud, 2018). Dans le cadre d'OTELHO et des travaux de l'institut ASTREDHOR, l'approche nourrissage des auxiliaires est privilégiée pour faciliter leur l'installation.

Dans tous les systèmes de culture, l'emploi de plantes de bio-contrôle pour nourrir et héberger les auxiliaires (Parolin et al., 2014 ; Prod'homme et al., 2018) peut permettre dans certaines circonstances d'accroître la lutte contre les ravageurs. Un accroissement de la diversité fonctionnelle des plantes est connu pour augmenter les micro-habitats pour les organismes bénéfiques. Un travail réalisé chez le partenaire (Astredhor Méditerranée SCRADH) montre en culture de rose, une augmentation de parasitoïdes simultanément avec une baisse d'aleurodes du tabac *Bemisia tabaci*.

L'identification des espèces et des pollens ingérés par celles-ci révèle que l'apport régulier de pollen aurait changé l'équilibre biologique en faveur de la faune utile. Une avancée technique confirmée en 2015 sur gerbera, culture florale sujette aux attaques du *Bemisia tabaci*. Le saupoudrage régulier de pollen *Typha latifolia* (Nutrimite®) a contribué au maintien voire à l'abondance de cette population de parasitoïdes indigènes (Drouineau et al., 2015).

Dans les essais menés sur gerbera en plantes en pots, le pollen a permis une installation rapide et durable d'*Amblyseius swirskii* au niveau des poils des pétioles des fleurs permettant ainsi le contrôle des thrips dans les fleurs.

3.2.4 Les auxiliaires indigènes

Dans les différents systèmes étudiés, l'outil S@M et la méthode d'échantillonnage rapide préconisée (Thoisly et al., 2017) ont permis de mettre en évidence le rôle prépondérant des auxiliaires indigènes dans les régulations biologiques mises en place pour réduire l'usage des pesticides.

Dans la dynamique des auxiliaires, sur la culture de gerbera, le principal auxiliaire indigène associé aux aleurodes est la punaise prédatrice *Macrolophus*, suivi des parasitoïdes indigènes de l'aleurode du tabac (*Eretmocerus mundus*, *Encarsia* sp.).

Les relevés effectués dans le cadre du programme OTELHO confirment l'importance des auxiliaires indigènes toute l'année : une population est présente en abondance dans une culture de gerbera conduite en Protection Biologique Intégrée dans des conditions expérimentales (ASTREDHOR Méditerranée Scradh). Entre 2014 et 2015, il était fréquent d'obtenir plus de 10% de points/zones d'échantillonnage occupés par divers auxiliaires indigènes sur l'expérimentation gerbera et à toutes les saisons des pics de 30 à 40% des points/zones occupés par au moins un auxiliaire indigène (Drouineau et al., 2017).

Dans la culture de rosier en zone tropicale, les suivis réalisés avec S@M en station expérimentale et dans d'autres cultures légumières de l'île ont permis de mettre en exergue la présence d'*Amblyseius swirskii* (Kreiter et al. 2016). D'origine inconnue, cet auxiliaire majeur des cultures horticoles arrive à point nommé pour la mise en place des stratégies de protections alternatives sur l'île de la Réunion. Le potentiel de développement de cet agent de contrôle biologique pour les cultures horticoles ornementales est à mettre en miroir avec son utilisation commerciale en France métropolitaine. La production de cet auxiliaire est réalisée sur l'île par la biofabrique « La Coccinelle » qui travaille par ailleurs sur 3 autres phytoseïdes d'intérêt pour juguler les infestations de thrips.

En cultures de plantes en pots dans le Sud-Ouest, des parasitoïdes de pucerons du genre *Aphidius* reviennent régulièrement dans les serres contrôler les pucerons, *Eretmocerus mundus* est régulièrement retrouvé sans avoir été lâché en culture de poinsettia.

De fait, le projet OTELHO avec la mise en place de suivi exhaustifs rapides, a permis d'identifier de nouveaux auxiliaires, de mettre en synergie le service rendu par une faune auxiliaire indigène avec l'emploi de nouvelles pratiques favorables à la lutte biologique par conservation des espèces. Cette prise en compte des auxiliaires indigènes est permise par une réduction de l'usage des pesticides dont l'effet délétère sur la faune indigène n'est plus à démontrer. Les stratégies mises en place pour réduire l'usage des pesticides en cultures ornementales peuvent avoir clairement pour objet de favoriser un rééquilibrage de l'écosystème productif. Toutefois, des impasses sur certains ravageurs doivent encore être solutionnées.

3.3 Des impasses encore prégnantes

3.3.1 Le thrips

Dans les cultures horticoles ayant un objectif de zéro défaut et dont le système de culture présente la spécificité de ne pas avoir de vide sanitaire, cas du gerbera et du rosier, le thrips constitue un ravageur majeur contre lequel les solutions de bio-contrôle ne sont pas encore satisfaisantes. Parmi plus d'une trentaine d'espèces de thrips identifiées via la collecte en cultures ornementales en France (notamment sites du projet OTELHO) et étudiées via une approche de type « DNA-Barcoding » (Bout et al., 2018), deux espèces, *Frankliniella occidentalis* et *Thrips tabaci*, posent d'énormes problèmes en culture. Les solutions de bio-contrôle testées contre ces espèces dans le cadre d'OTELHO reposent sur des lâchers

de phytoseiides en cultures florales (*Amblyseius swirskii*, *Amblyseius cucumeris*) et leur nourrissage via des apports de pollen, sur des lâchers de punaises prédatrice (*Nesidiocoris volucer*) en culture de plantes en pot, sur du piégeage sur panneau englué avec kairomones. Malgré ces leviers de la protection biologique intégrée, le thrips reste l'exemple type du ravageur qui met à mal les stratégies « bas-intrants » dans le sens, où il induit un recours aux pesticides chimiques qui perturbent les équilibres biologiques à l'œuvre.

3.3.2 Aleurodes

Que ce soit *Trialeurodes vaporariorum* ou *Bemisia tabacci*, l'aleurode cause des pertes de récolte importantes (zéro défaut) en cultures ornementales. Malgré un panel de solutions utilisables (protection physique par filets, protection par lâchers d'auxiliaires parasitoïdes ou prédateurs, protection chimique), la protection n'est pas satisfaisante. Les diverses conditions climatiques à l'œuvre dans les sites du projet (zone tropicale, méditerranéenne ou sud-ouest), ne permettent pas l'usage de filets de protection du fait de la montée en température des serres (Brajeul et al., 2011).

Par ailleurs, dans l'état de nos connaissances, les punaises prédatrices ne s'installent pas en culture de rose et leur efficacité reste modérée en culture de gerbera fleurs coupées ou plantes en pot. La meilleure protection reste la combinaison des techniques et la facilitation du rôle des auxiliaires indigènes, les lâchers de macroorganismes ne sont à ce jour pas suffisant pour juguler les dynamiques de population des aleurodes. De fait, parmi les néonicotinoïdes, seules les spécialités contenant l'acétamipride (Suprême®) et le thiamétoxam (Flagship Pro®) ont été intégrées dans les stratégies de lutte contre les aleurodes et les cochenilles.

Une piste sera d'étudier comment les lâchers d'auxiliaires peuvent compenser la suppression de l'usage de ces pesticides (pour l'instant pour une utilisation au champ, mais qui pourra l'être aussi sous serre). Anticiper cette épée de Damoclès constitue un enjeu important des prochains travaux pour la filière ornementale. En culture en pot de poinsettia, des résultats concluants ont été obtenus avec le recours au champignon entomopathogène *Lecanicillium muscarium* (Mycotal®) en complément des lâchers d'acariens.

3.3.3 Les maladies : l'oïdium et le botrytis mettent à mal les stratégies de protection alternative

Dans tous les systèmes étudiés par les partenaires du projet OTELHO, la question des maladies reste importante en terme d'impact sur l'usage des pesticides. Les maladies que sont l'oïdium et le botrytis provoquent des dégâts rendant les productions ornementales non commercialisables. C'est pourquoi en conventionnel comme en protection intégrée le recours à l'usage des pesticides est toujours d'actualité. Dans le cadre des stratégies de protection intégrée testées, l'usage de ces pesticides perturbe les équilibres mis en œuvre pour le contrôle des insectes ravageurs et génère une augmentation des coûts de la protection intégrée pour la réinstallation de auxiliaires. L'utilisation des stimulateurs de défense naturelle semble être une voie prometteuse, bien que peu de molécules soient à ce jour homologuées (Benhamou et al., 2012).

Conclusion

Les travaux conduits dans le cadre d'OTELHO confirment que la lutte biologique durable sera mieux réalisée grâce à des modifications des pratiques culturales et grâce à une re-conception des systèmes productifs qui « naturalisent » de plus en plus les agroécosystèmes. En effet, cela facilite le recrutement naturel et la persistance des bénéfiques de la faune arthropode (cas observés dans le cadre du projet OTELHO), qui combinés avec une gestion de l'habitat accroissent la diversité globale des plantes (objectif délicat en cultures ornementales) et des arthropodes (un objectif majeur en culture ornementale) (Michaud, 2018).

Si la culture sous serre nécessite une libération continue d'organismes bénéfiques, avec des efficacités et des avantages compétitifs encore à discuter et à améliorer (exemple des systèmes OTELHO), alors l'agroécosystème serre, très avantageux en termes de rendements, possède des déficiences écologiques intrinsèques qui doivent être bien appréhendées par les producteurs. A l'instar de ce qui est constaté en plein champ (Michaud, 2018), ne faut-il pas aussi rechercher sous serre des solutions écologiques plus permanentes qui prennent en compte une vision plus globale des sites de productions horticoles, notamment pour favoriser la faune indigène ?

En effet, bien que les stratégies d'augmentation aient procuré des avantages en substituant les insectes libérés aux pesticides, leurs coûts et les impasses encore existantes (thrips, aleurodes et oïdium dans ces systèmes) imposent la poursuite du travail de connaissance du fonctionnement des systèmes, des outils biologiques, climatiques et numériques pour les gérer.

De fait, dans la continuité d'OTELHO, les partenaires souhaitent s'engager dans un projet ambitieux pour tendre vers le « ZERO-PESTICIDE » en poursuivant des essais systèmes, via une approche globale de suivi des cultures en développant des méthodes de suivi épidémiologique plus rapide, en rendant l'OAD S@M partiellement compatible avec AGROSYST et en mettant S@M à disposition d'organismes de Conseil en entreprise.

Les nouveaux projets poursuivront le développement de S@M et s'attacheront à mieux comprendre les interactions biotiques et abiotiques qui concourent aux épidémies, en s'appuyant sur des sites expérimentaux en observatoires pilotés pour à la fois :

- Tester de nouveaux leviers en protection des plantes et tendre vers des schémas de production très économes, où les pesticides pourront être utilisés en ultime recours,
- Traiter les données épidémiologiques, climatiques et d'interventions pour produire des alertes à même d'éclairer les décisions d'intervention.

Enfin, la richesse des échanges, du partenariat et des résultats et de leur diffusion est le socle de la poursuite des travaux pour réduire l'usage des pesticides dans les systèmes de production horticoles ornementaux.

Remerciements

Nous remercions l'ensemble des équipes techniques et administratives des Instituts ASTREDHOR et stations, et de l'institut ARMEFLHOR ainsi que de l'INRA de Sophia-Antipolis pour leur active participation. Remerciement également à Hugo et Géraldine pour leur soutien dans le cadre de ce projet de longue haleine.

Le projet OTELHO est financé par l'Agence Française de Biodiversité via l'APCA.

Références bibliographiques

Benhamou N., Rey P., 2012 Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'écoproduction durable. II. Intérêt des SDN en protection des cultures *Phytoprotection*, vol. 92, n° 1, 2012, p. 24-35, DOI 10.7202/1013299ar.

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.

Bout A., Marchand A., Robert F., Silvy E., Crochard D., Malausa T., Ris N., Reynaud P., 2018. Des outils moléculaires pour caractériser la diversité réelle des thysanoptères en cultures ornementales et faciliter le diagnostic. *Innovations Agronomiques* 63, 421-432.

- Brajeul E., Grisey A., Trottin-Caudal Y., Le Quillec S., Grasselly D., Tisiot R., Erard P., Raynal C., Paris B., Ronco L., Langlois A., Vial F., Robert F., 2011. Viabilité des systèmes de cultures protégées dans un contexte d'agriculture durable : Eco-serre 2011. *Innovations Agronomiques* 17, 49-65.
- Bresch C., Carlesso L., Suay R., Van Oudenhove L., Touzeau S., Fatnassi H., Ottenvalder L., Paris B., Poncet C., Mailleret L., Messelink G.J., Parolin P., 2018. In search of artificial domatia for predatory mites. *Biocontrol Science and Technology*, DOI 10.1080/09583157.2018.1540030.
- Cabinets 3A Overseas - MF Petitjean conseil, 2016. Etude stratégique de la filière horticole Réunionnaise
- Denegri T., Drouineau A., 2015. Alternative à l'emploi des produits phytosanitaires contre les maladies et ravageurs des cultures pour les fleurs et rameaux coupés CR N°SC-14-FC-04.
- Drouineau A., Denegri T., 2017. Fiche système de culture Ecophyto Dephy Scradh, 4 pages.
- Drouineau A., Denegri T., Passot M., Coutant J., Sourzat M., Paris B., 2017. S@M : « Importance de la faune auxiliaire indigène dans des stratégies de protection biologique intégrée de cultures florales sous climat méditerranéen, exemples du Gerbera et de la Rose ». *Phytoma* pages.
- Drouineau A., Descamps S., 2018. Compléments alimentaires et habitats pour la faune auxiliaire. Guide technique Méthodes alternatives pour la protection des plantes, 61-70.
- Drouineau A., Sourzat M., Denegri T., 2015. « Une avancée dans la lutte biologique contre l'aleurode du tabac sur Gerbera » *Atout Fleurs* n°99.
- Etude stratégique de la filière horticole de 2016 (Cabinets 3A Overseas, et MF Petitjean conseil)
- Fillatre J., Cabeu I., 2014. OTELHO Une formation sur mesure. *Fert'île* n°35 pages 14, 34-36.
- Fillatre J., Cabeu I., 2017. Fiche système de culture Ecophyto Dephy Armefflor, 4 pages.
- Fillatre J., Cabeu I., 2017. Programme OTELHO : prototypage d'un outil d'aide à la décision, suivi de la pression sanitaire en PBI, développement de méthodes alternatives et réduction des traitements phytosanitaires. *Fert'île* n°40, pages 48-53.
- FranceAgrimer, 2017. Chiffres clés de FranceAgrimer- L'horticulture ornementale, données 2015. 24p. https://rnm.franceagrimer.fr/bilan_campagne?menu=fleurs
- Houllier F., 2007. La recherche en protection intégrée des cultures à l'INRA. *Innovations Agronomiques* 1, 3-14.
- Jeannequin B., Dosba F., Plénet D., Pitrat M., Chauvin J.E., 2011. Vers des cultures fruitières et légumières à hautes performances environnementales. *Innovations Agronomiques* 12, 73-85.
- Kreiter S., Vicente dos Santos V., Tixier M.-S., Fontaine O. 2016. An unexpected occurrence of *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) in La Reunion Island (Acari: Phytoseiidae) *Acarologia*, 2016, 56 (2), pp.175 - 181.
- Maugin E., Deogratias J.M., 2017. Fiche système de culture Ecophyto Dephy Gerbera plantes en pots Astredhor Sud ouest Armefflor, 4 pages.
- Maugin E., Deogratias J.M., Paris B., 2017. Dans le Sud-Ouest comment réduire l'IFT des plantes en pot. *Phytoma* 18-23.
- Michaud J.P., 2018. Problems inherent to augmentation of natural enemies in open agriculture. *Neotropical Entomology*. ISSN 1519-566X. *Neotrop Entomol* DOI 10.1007/s13744-018-0589-4.
- Paris B., Boll R., Doise S., Bout A., Robert F., Maugin E., Drouineau A., Denegri T., Cabeu I., Tragin M., Poncet C., 2015. Un réseau d'expérimentations et des outils télématiques innovants pour réduire l'usage des pesticides en horticulture. AFPP : Cinquième conférence internationale sur les méthodes alternatives de protection des plantes – Lille.
- Paris B., Doise S., Poncet C., Maugin E., Drouineau A., Denegri T., Cabeu I., Fillatre J., Suay R., Tragin M., 2017. S@M : un outil d'aide à la décision développé par l'UMT FioriMed pour accompagner la réduction des pesticides en horticulture. *Phytoma* 12-14.
- Parolin P., Bresch C., Poncet C., Desneux N., 2014. Introducing the term 'Biocontrol Plants' for Integrated Pest Management. *Scientia Agricola* 71(1):77-80.
- Phytoma, la santé des végétaux. Cultures ornementales, Février 2017 N°701.

Pizzol J., Nammour D., Rabasse J.M., Parolin P., Desneux N., Poncet C., Reynaud P., 2014. Species and population dynamics of thrips occurring inside and outside greenhouses cultivated with roses in southern France. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(4), 141-153.

Poncet C., Vaglio J., Bout A., Mailleret L., Boll R., 2008. Spatio-temporal distribution of plant bioaggressors in greenhouses: towards a better knowledge of disease and pest dynamics. *Acta Hortic.* 801 (2), 1463-1470.

Prod'homme V., Ferre A., 2018. Des plantes au service de la protection des cultures, ou comment tirer parti des interactions au sein des écosystèmes. Guide des méthodes alternatives en protection des cultures. ASTREDHOR 2018.

Reboud X., Carpentier A., Aubertot J.N., Lemarié S., Peyrard N., Turenne N., Roussey C., avec la collaboration de Couture S., Cellier V., Gaba S., Sabbadin R., Cros M-J., Toquebeuf P., Bonroy O., Barbier J.M., Charbonnier E., 2017. Ce que l'épidémiosurveillance apporte ou n'apporte pas encore à la moindre dépendance aux produits phytopharmaceutiques. *Innovations Agronomiques* 59, 81-91.

Robert F., Paris B., Doise S., Boll R., Bout A., Tragin M., Maugin E., Henry S., Poncet C., 2017. OAD Serre 2017 : Développement d'outils d'aide à la décision en cultures horticoles sous serres : vers une horticulture de précision. *Innovations Agronomiques* 55, 317-325.

Robert F., Paris B., Lhoste A., Deogracias J.M., Tragin M., Poncet C., 2015. OAD SERRE : Développement d'outils d'aide à la décision en cultures horticoles sous serre : vers une horticulture de précision. Colloque Ecophyto Recherche – Paris. 13-14 octobre 2015. 99-100.

Thoisly P., Suay R., Poncet C., Paris B., 2017. Une méthode d'observation rapide standardisée pour faciliter la prise de décision en protection intégrée des cultures (PIC). *Phytoma* 15-17.

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



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

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