

Mise au point d'itinéraires culturaux innovants pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires en production de plantes en pots hors-sol

Deogratias J.M.¹, Riaudel O.¹, Bresch S.², Joussemet M.A.³, Hebbinckuy T.⁴, Stapel O.⁵

¹ ASTREDHOR Sud-Ouest GIE Fleurs et Plantes, 71 av. E. Bourlaux, CS 20032, F-33882 Villenave d'Ornon

² ASTREDHOR Loire Bretagne CDHR, 620 rue de Cornay, F-45590 St Cyr en Val

³ ASTREDHOR Est Horticole, 28 rue du Chêne, F-88700 Roville aux Chêne

⁴ ASTREDHOR Loire Bretagne STEPP, 52 rue de Saint Ilan, F-22360 Langueux

⁵ ASTREDHOR Loire Bretagne Arexhor Pays de Loire, 1 rue des Magnolias, F-49130 Les Ponts de Cé

Correspondance : jeanmarc.deogratias@astredhor.fr

Résumé

Le programme HORTIPOT en cultures ornementales sous abris a permis d'aboutir à de nombreux résultats techniques, agronomiques, économiques et environnementaux et de mettre en avant des leviers alternatifs utilisables pour réduire l'usage des produits phytosanitaires dans les systèmes de culture. Les itinéraires innovants apportent satisfaction. En effet, on peut dès à présent établir un itinéraire de culture économique en intrants avec l'objectif de réduire l'indice de fréquence de traitement (IFT) de plus de 50 %. Des transferts en entreprises ont déjà été effectués. Les ravageurs restent une des causes principales des traitements par l'utilisation des insecticides. De ce fait, en choisissant judicieusement les auxiliaires dans la protection biologique intégrée, en ajustant les doses d'apport, en leur offrant habitat et nourriture et en privilégiant des produits compatibles, le coût de la protection des plantes peut se rapprocher d'une stratégie conventionnelle. La stimulation mécanique permet de réduire la croissance des plantes sans utiliser de régulateur de croissance. Cette technique est maintenant combinée à un piégeage de masse des ravageurs à l'aide de panneaux englués. Les conditions biotiques et abiotiques sont aussi très importantes à prendre en compte et peuvent influer sur la réussite du système de culture. Cependant, la diversité des cultures ornementales et la complexité des systèmes et des modes de production sous abris font qu'il reste nécessaire de mener encore des expérimentations dans le domaine du biocontrôle, pour réduire drastiquement dans certains cas l'usage des produits phytosanitaires et aboutir au « zéro-phyto ».

Mots-clés : Biocontrôle, Lutte intégrée, Lutte physique, IFT, Méthodes alternatives, Produit phytosanitaire

Abstract : Development and evaluation of new sustainable cultural practices in potted ornamental plant productions in greenhouses aimed at significant pesticide reduction.

The Hortipot project aimed at significant pesticide reduction in ornamental plant productions has shown interesting and realistic opportunities for the ornamental sector in France on agronomical, economic and environmental level. Today it is feasible in ornamental plant production to obtain pesticide reduction levels of up to 50% without any compromise on product quality and profit margins. Many innovative techniques developed in this project are well received by the producers and certain techniques are already adopted in different production systems. Many pesticide treatments are related to insect pest control. The use of well performing beneficial natural enemies applied in defined dosages while simultaneously using insect refuges, alternative food sources and limited compatible chemicals, make

alternative pest control approaches today economically competitive as compared to conventional chemical pest control. Mechanical plant stimulation is shown effective as a growth control measure and helps reduce the use of chemical plant growth regulators. This new growth control system is actually combined with an efficient mass insect trapping device using visual glue panels. Abiotic and biotic stress factors are equally taken into consideration in order to propose successful plant production systems. However, protected ornamental plant production characterized by an enormous plant species richness makes development of innovative solutions very complex. Therefore, it is necessary to continue developing and evaluating new biocontrol approaches in order to offer French ornamental horticulture means to significantly reduce and even, in some cases, abandon chemical pesticide use.

Keywords: Biocontrol, Integrated pest management, Physical pest management, Treatment Frequency Index, Alternative methods, Phytosanitary product

1. Introduction – contexte

1.1 Contexte de la filière horticole

L'horticulture ornementale française représente **1,6 % des exploitations agricoles** avec 15 500 hectares de production dont 1 600 sous abri (FranceAgriMer, 2015). Cette filière regroupe plusieurs productions spécialisées telles que les fleurs et feuillages coupés, les plantes en pot et à massif, les plants en pépinières et les bulbes. Le chiffre d'affaires de la filière horticole française, vente et négoce compris, est d'environ 1,4 milliards d'euros (FranceAgriMer, 2015).

Les productions de la filière horticole ornementale, tout comme celles des autres filières agricoles, sont soumises à la pression de nombreux bioagresseurs, que ce soit des ravageurs, des maladies ou des adventices. En production de plantes en pot et à massif, du fait de la grande diversité des espèces cultivées, une observation régulière des maladies et ravageurs présents sur les cultures est nécessaire afin d'estimer le seuil de nuisibilité des populations des bioagresseurs et ainsi garantir la qualité sanitaire des plants. Pour éviter de faire face à de trop nombreux problèmes sanitaires et pour des questions de coût et d'efficacité, les **produits phytosanitaires** sont encore utilisés de façon préférentielle chez les producteurs (Alim'agri, 2013). Cependant, d'ici 2025, une **réduction de 50 %** de l'utilisation de ces produits est attendue (Potier, 2014). De ce fait, afin de répondre aux demandes gouvernementales et sociétales, la recherche d'alternatives face à l'utilisation régulière de produits phytosanitaires est essentielle. Les produits intégrant des matières naturelles ou des organismes vivants sont de plus en plus commercialisés ce qui permet la mise en place de techniques de biocontrôle. Ainsi, l'horticulteur a pris conscience que la réduction des produits phytosanitaires est une nécessité tout en gardant une qualité irréprochable des produits et en maintenant des coûts de production compétitifs pour l'entreprise. La filière horticole a mis en place des programmes de **recherche et d'innovations** et le **biocontrôle** (Astredhor, 2017) est de plus en plus intégré dans les actions d'expérimentations menées au sein des instituts. L'enjeu est de proposer aux producteurs de nouveaux types d'itinéraires techniques appliquant ces méthodes plus respectueuses de l'environnement.

1.2 Dispositif HORTIPOT : objectifs et enjeux

Dans le cadre du plan Ecophyto I et II, les professionnels de l'horticulture se sont engagés à réduire le recours aux produits phytosanitaires tout en assurant un niveau élevé de production. Depuis 2012 un réseau d'acquisition des références a été mis en place dans les entreprises horticoles pilotes (DEPHY FERME) et dans les centres techniques de l'Institut horticole ASTREDHOR (DEPHY EXPE) pour accompagner cet engagement (Aubertot et al., 2005 ; Butault et al., 2010 ; Carpentier et al., 2009).

Le projet DEPHY EXPE « HORTIPOT » s'est appuyé sur un réseau de stations pour tester différents itinéraires techniques comprenant une large gamme de **méthodes alternatives** seules et en combinaison, afin de connaître l'impact de ces stratégies sur la protection de la plante et sur la consommation des produits phytosanitaires (Li-Marchelli et al., 2016 ; Ricci, 2010). Ainsi, 5 sites expérimentaux implantés sous des climats distincts et disposant de structures différentes, se sont engagés dans ce projet (serres verres, découvrables, tunnels avec diverses couvertures, etc.).

L'objectif est d'acquérir un maximum d'information afin d'**améliorer la performance des entreprises horticoles** et de **limiter strictement l'utilisation de produits phytopharmaceutiques** au sein des serres de production, tout en prenant en considération les **exigences du marché** qui obligent à obtenir des plantes avec zéro défaut pour un **coût de production raisonnable**. L'indice de fréquence de traitement (IFT) constitue un indicateur capital du projet car il permet d'estimer la place du biocontrôle (Herth, 2011 ; IBMA, 2014) et des traitements phytosanitaires dans les itinéraires de culture étudiés.

Les travaux sur les pratiques alternatives qui permettent de réduire l'impact des productions sur l'environnement se sont développés bien avant la mise en route du projet DEPHY EXPE HORTIPOT. Jusqu'à présent, les stations d'expérimentations horticoles avaient l'habitude de travailler sur des expérimentations monofactorielles et pas sur des expérimentations système. L'approche système nous a amené via ce projet à conduire une culture de la production jusqu'à la commercialisation (Compte rendus ASTREDHOR, 2017).

Les systèmes de culture qui ont été choisis sont ceux qui représentent des enjeux majeurs pour la filière horticole à la fois en termes de difficulté pour la gestion des bioagresseurs et pour la gestion de la régulation de la croissance en cours de culture, qu'en termes économiques.

2. Méthodologie du projet

2.1 Les acteurs du projet

Cinq sites expérimentaux (Figure 1) ont mis à disposition des structures de types serres chaudes ou tunnels d'une surface supérieure ou égale à 100 m² :

- ASTREDHOR Est Horticole dans le Grand Est à Roville aux Chêne (88)
- ASTREDHOR Loire Bretagne CDHR dans le centre à St Cyr en Val (45)
- ASTREDHOR Loire Bretagne STEPP en Bretagne à Langueux (22)
- ASTREDHOR Loire Bretagne Arexhor Pays de Loire, les Ponts de Cé (49)
- ASTREDHOR Sud-Ouest GIE Fleurs et Plantes en Nouvelle Aquitaine, à Villenave d'Ornon (33)

Figure 1: Localisation des sites expérimentaux ★



2.2 Choix d'espèces horticoles modèles

Dans le cadre de ce projet, une large gamme horticole a été choisie et représente un intérêt économique pour les professionnels de l'horticulture en France. Les profils très différents des espèces, les calendriers de plantation, les conduites de culture et la localisation des essais sous **différents contextes climatiques**, la **répétition de l'expérimentation plusieurs années** doivent permettre d'élargir les résultats obtenus à une large gamme d'espèces horticoles et de produits finis et de **proposer des solutions** à l'ensemble du secteur de la production de plantes en pots.

Les **espèces retenues sont** : le **pélargonium**, le **chrysanthème**, l'**hibiscus**, le **dipladénia** et le **poinsettia** ainsi qu'une **gamme de diversification** co-cultivés avec les pélargoniums. Il s'agit des pétunias, des verveines, des ostéospermum, des bidens, des calibrachoa. Ces espèces sont réparties entre les différents sites.

Toutes les stations travaillent avec les mêmes espèces et variétés de plantes qui proviennent du même fournisseur, donc même origine. Ces espèces modèles ont été retenues par rapport à leurs sensibilité face à des ravageurs tels que le thrips, les pucerons, les aleurodes, les chenilles.

Les thrips sont des insectes ubiquistes, piqueurs/suceurs transmettant des virus très graves de types *Tospovirus*. Les effets de ce ravageur sont une dépréciation de la plante (présence de fumagine), des nécroses et des blocages des apex entraînant des rabougrissements. Les observations réalisées sur des exploitations horticoles indiquent que sur ces cinq dernières années, tout ravageur confondu, le thrips est le ravageur le plus rencontré. Environ une quarantaine de cultures ont été significativement impactées par le ravageur dont les cultures économiquement les plus importantes (le géranium, le chrysanthème, le cyclamen). Les entreprises manquent de mesures correctives pour contrôler de fortes attaques. Ce qui est d'autant plus grave quand on sait que ce ravageur est souvent résistant aux produits phytosanitaires. Les stratégies de PBI utilisent essentiellement des lâchers inondatifs d'acariens Phytoséiides prédateurs visant le stade larvaire du ravageur. Le stade adulte n'est pas ciblé par cette approche. Seul le piégeage de masse sur panneau chromatique englué s'avère efficace parfois.

Les pucerons sont des insectes très polyphages, piqueurs/suceurs qui se nourrissent de la sève des plantes et transmettent des maladies virales très graves. Les dégâts engendrés sont nombreux. Ils bloquent le développement des apex et causent des rabougrissements. Une production de miellat est observée avec développement de fumagine qui déprécie la plante. Il n'existe pas de seuil de tolérance utilisé contre les pucerons. Sa présence est un motif de refus de vente. La problématique pucerons est une préoccupation majeure. Ce ravageur est omniprésent sur pélargonium, sur dipladénia et sur chrysanthème. Pour cette dernière culture, ce ravageur apparaît souvent juste avant la commercialisation et les dégâts peuvent être considérables. Globalement la problématique pucerons est bien maîtrisée par les produits phytosanitaires.

Deux espèces d'aleurodes peuvent être rencontrées et posées des problèmes, notamment sur les cultures d'hibiscus et de poinsettia. Il s'agit de *Trialeurodes vaporariorum* ou aleurode des serres et *Bemisia tabaci* ou aleurode du tabac. Cette dernière, est un ravageur très résistant à de nombreux pesticides et est vecteur de virus graves. La stratégie de lutte mis en avant dans ce projet associe généralement plusieurs techniques :

- i) L'utilisation d'auxiliaires tel que *Amblyseius swirski* et *Eretmocerus eremicus* pour *B. tabaci* et *Eretmocerus mundis* pour *T. vaporariorum* ii) l'utilisation de plantes pièges (aubergine et melon). Cette technique consiste à positionner dans la culture des plantes plus attractives afin d'y concentrer les attaques et diminuer la pression en ravageurs dans la culture ;
- ii) L'apport de pollen par pulvérisation et de complément alimentaire sur la culture pour nourrir les auxiliaires et favoriser leur implantation.

Les chenilles représentent le deuxième ravageur principal sur la culture de chrysanthème et posent généralement peu de problèmes sur les autres cultures étudiées lors de ce projet. Le seuil d'intervention est très bas compte tenu de l'importance des dégâts qu'une seule chenille peut faire en quelques jours.

2.3 Systèmes expérimentaux

Les **protocoles** et les **règles de décision** sont **harmonisés** entre les différents sites expérimentaux. Les substrats de culture, la fertilisation sont réfléchis. Depuis 2012, les 5 sites éprouvent des systèmes de culture en suivant des itinéraires **innovants** et en les comparant à des itinéraires **conventionnels**.

Au début de ce projet, aucune référence pour l'IFT n'existe. De ce fait, la décision a été de créer une référence afin d'obtenir un moyen de comparaison. Ainsi, pour chaque système de culture mis en place, deux itinéraires sont déclinés. Un itinéraire de référence dit conventionnel et un itinéraire innovant pour lequel de nouvelles méthodes de production sont testées.

Système conventionnel : Emploi de la lutte chimique avec l'ordre d'intervention suivant : i) utilisation dans un premier temps de produits phytosanitaires les plus compatibles avec la protection biologique intégrée (PBI), ii) si cela ne fonctionne pas, utilisation d'un autre produit phytosanitaire (en général, au moins 3 produits sont proposés dans le protocole dès le départ).

Système innovant : Utilisation de méthodes alternatives : lâchers d'auxiliaires, utilisation de microorganismes, de stimulateurs de défense naturelles, lutte physique, prophylaxie, contrôle cultural. Si la maîtrise des ravageurs devient vraiment problématique : utilisation en dernier recours de la lutte intégrée (produits phytosanitaires les moins nocifs pour l'environnement).

2.4 Suivi des expérimentations

2.4.1 Suivi des bioagresseurs

Les problématiques misent en avant pour chaque espèce et qui relèvent des observations effectuées en station d'expérimentation et en entreprises sont évaluées en réunions et listées et validées en comité de pilotage. Les leviers pour ces différentes problématiques sont à travailler en priorité.

2.4.1.1 Règle de décision : principe

Le protocole est commun à tous les sites expérimentaux. Une trame de notation et de seuil de décision de traitements sont élaborés (Figure 1). Différents **leviers d'action** (Figure 2) sont utilisés afin de répondre aux différentes problématiques rencontrées au cours de chaque expérimentation.



Figure 1 : Règles de décision (PPP : produits phytosanitaires)

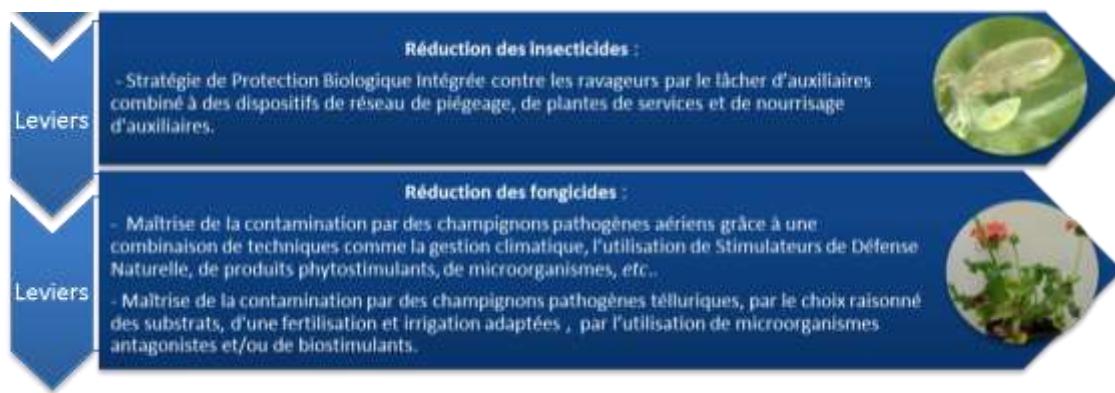


Figure 2 : Leviers proposés pour la réduction de l'IFT insecticides et fongicides

2.4.1.2 Suivi des ravageurs

Le suivi des populations de ravageurs est effectué chaque semaine, une règle de décision par seuil de nuisibilité y est associée ce qui conduit à déclencher l'intervention face à l'infestation (Tableau 1).

L'observation des ravageurs se fait d'une part sur des panneaux englués jaunes, à raison d'un panneau sur chaque tablette de culture. D'autre part, elle se fait directement sur les plantes suivant un système de placette. Pour chaque variété, 10 placettes réparties de manière homogène sont installées, sachant qu'une placette comprend 3 pots consécutifs. Chaque plante de ce dispositif en placette est observée et notée.

Tableau 1 : Seuil de nuisibilité pour chaque culture en fonction des ravageurs

Seuils de nuisibilité pour chaque SDC: par ravageur et échelle de notations						
Seuil de nuisibilité	Puceron	Aleurode	Acariens	Thrips	Chenilles	Cochenilles
dès le 1er	Quelques individus adultes	1- 10 individus	1 individu par plante	Dégats ou excréments	1 individu par plante	
DIPLADENIA	x	x	x	x		x
POINSETIA		x	x		x	
CHRYSANTHEME	x		x	x	x	
HIBISCUS	x	x	x	x	x	x
PELARGONIUM	x		x	x	x	x
DIVERSIFICATION	x	x	x	x	x	x

2.4.1.3 Suivi des maladies

L'estimation du nombre de plantes malades et l'intensité de la maladie est évaluée chaque semaine. Les traitements sont déclenchés dès l'observation des premiers symptômes. Il s'agit d'observations sur le système végétatif et le système racinaire de l'ensemble des plantes (Tableau 2).

Tableau 2 : Seuil de nuisibilité pour chaque culture en fonction des maladies

Seuils de nuisibilité pour chaque SDC: Maladies					
Règle de décision	Botrytis	Oidium	Fusariose	Rouille	Pythiaées
1 feuille touchée		1 feuille touchée	1 organe touché	1 feuille touchée	1 organe touché
DIPLADENIA			x		x
POINSETIA		x	x		x
CHRYSANTHEME	x			x	x
HIBISCUS	x	x	x		x
PELARGONIUM	x	x		x	x
DIVERSIFICATION	x	x			x

2.4.2 Régulation de la croissance des plantes

Les producteurs doivent produire des plantes fleuries et compactes, attrayantes pour le consommateur et de taille réduite afin de maîtriser le coût des transports. Lors de ce projet, différentes techniques ont été mises en œuvre au sein du réseau (Figure 3), pour réguler la croissance des plantes comme alternative à l'utilisation des régulateurs de croissance chimique qui sont très utilisés et font augmenter les IFT des cultures. La mise en œuvre se fait en comparaison avec l'itinéraire de culture classique en plantes en pots (itinéraire conventionnel, utilisation de Dazide (daminozide)). Il s'agit d'obtenir une plante plus ramifiée et plus courte. Ces techniques doivent être appliquées dès le démarrage de la culture.



Figure 3 : Leviers proposés pour la réduction de l'IFT régulateurs de croissance

Les méthodologies utilisées au cours des différents itinéraires de cultures se font en fonction des espèces cultivées (Tableau 3) :

- La culture à froid** (stress par des basses températures ($\leq 5^{\circ}\text{C}$)). Plusieurs études ont mis en exergue l'effet de la température sur l'architecture des plantes et notamment la diminution des consignes de température pour diminuer l'utilisation des régulateurs de croissance. Ainsi, il est nécessaire dans premier temps d'assurer la phase d'enracinement de deux ou trois semaines avec des températures plus élevées après empotage des mottes racinées ($16^{\circ}/18^{\circ}\text{C}$). Cette phase correspond aux vraies périodes de froid. Après la phase d'enracinement, les plantes et dans ce projet, les pélargoniums et/ou les plantes de diversification, sont cultivées en baissant les consignes de températures de 3°C à 5°C nuit/jour (consignes fixées à $7^{\circ}\text{C}/5^{\circ}\text{C}$ avec l'utilisation d'un micro déshumidificateur), pour des consignes dans le schéma « conventionnel » de $10^{\circ}\text{C}/12^{\circ}\text{C}$ nuit/jour.
- Le stress hydrique** (pilotage des arrosages conduit en fonction du seuil d'évapotranspiration potentielle (ETP) et la **fertilisation basse en phosphore**). En effet, un arrosage réduit provoque un stress hydrique qui permet d'obtenir une plante plus trapue et plus courte en limitant l'usage de régulateurs. La fertilisation est également modifiée avec un apport d'engrais faible en phosphore afin de limiter la croissance des systèmes racinaires et végétatifs.
- Les effets de la lumière** et notamment, les filtres lumineux (modification des longueurs d'ondes utilisées par les plantes (rouge et rouge lointain))
- La stimulation mécanique** (ou thigmomorphogénèse). Cette technique consiste à réaliser des passages répétés d'un support (ex : film plastique, barre légère) au niveau de la partie apicale d'une plante en croissance et qui a pour effet de modifier l'architecture de la plante, la tige est plus courte et la plante est plus ramifiée. Cette dernière, peut être combinée à l'utilisation de bande engluée sur le même appareil pour améliorer le piégeage de masse et pouvoir apporter une solution complémentaire en gestion des ravageurs ailés.

Tableau 3 : Leviers alternatifs pour la régulation de la croissance

PLANTES	Alternatives mises en place pour la régulation de croissance / chaque SDC			
	Stress hydrique	Culture à froid	Stimulation mécanique	Filtres lumineux
DIPLODENIA	x		x	
PONSETTIA	x	x		
CHRYSANTHEME	x	x	x	x
HIBISCUS	x	x	x	
PELARGONIUM	x	x	x	x
DIVERSIFICATION	x	x	x	x

2.4.3 Bilan global : analyse de critères spécifiques

En fin d'essai un **bilan global** est réalisé prenant en compte différents paramètres pour les deux itinéraires conventionnel et innovant (Tableau 4).

Tableau 4 : Critères d'évaluation des stratégies testées

Evaluation de la qualité de production
Classe de qualité / classes commerciales, avec des critères spécifiques tels que la hauteur des plants, leur diamètre, le nombre de boutons floraux, l'esthétique de la plante
Evaluation des coûts de production
Le prix des intrants est le même pour chacun des sites d'expérimentation (coût du substrat, coût des pots, coût de l'engrais).
Calcul du coût de protection : différence entre conventionnel et innovant (lutte chimique / PBI).
Evaluation de l'Indice de Fréquence de traitement (IFT)
Evaluation de l'Indice de Fréquence de Traitement calculé grâce à la formule suivante
Calcul IFT: $IFT = \frac{\text{dose appliquée}}{\text{dose homologuée}} \times \frac{\text{surface traitée}}{\text{surface de la parcelle}}$
Viabilité économique
Approche économique : cela consiste à calculer la marge opérationnelle à partir des coûts de production et du chiffre d'affaire. Comparaison des marges opérationnelles des deux itinéraires.

3. Les acquis et principaux éléments de réussites des stratégies de régulation de la croissance et de maîtrise des ravageurs

Dans cette partie, nous traiterons en priorité des **leviers** mis en place dans les systèmes de culture pour **limiter les régulateurs de croissance** et les **insecticides** et notamment pour lutter contre quatre **ravageurs principaux** que sont les **thrips, les pucerons, les aleurodes et les chenilles**.

3.1 Régulation de la croissance

En horticulture ornementale, la maîtrise du développement des plantes est incluse dans les itinéraires de culture. Quasiment toutes les plantes cultivées sous serre subissent l'application de **régulateurs de croissance** et le pincement des jeunes pousses pour réduire leurs tailles. Les produits chimiques sont très utilisés. Afin de limiter l'utilisation de ces produits qui font **augmenter les IFT**, il est nécessaire de développer des techniques culturelles innovantes. Ces différents leviers sont développés ci-dessous.

3.2 Techniques culturales innovantes

3.2.1 Par le stress hydrique et une fertilisation pauvre en phosphore

Cette gestion des apports d'eau est réalisée sur les systèmes de culture (SDC) de pélargoniums, de chrysanthèmes et d'hibiscus pour les itinéraires innovants. De façon générale, le stress hydrique diminue le développement de la plante mais entraîne une hétérogénéité des lots de plantes. Pour le pélargonium et le chrysanthème, des retards de floraison sont observés. Les plantes manquent de volume. Les hibiscus soumis à un stress hydrique (réduction de la fréquence d'arrosage de 30 %) associés à une fertilisation pauvre en phosphore montrent des ports en déséquilibre et peu de ramifications. Ces techniques mises en avant dans les itinéraires « innovants » sont difficiles à appliquer. Il s'agit d'un levier intéressant qui nécessite une bonne maîtrise pour ne pas bloquer la croissance des plantes. Cependant, on peut imaginer que gérer convenablement l'arrosage peut tout de même permettre de réduire les 'nanifiants'.

3.2.2 Par le froid

Les résultats obtenus durant ce projet ont montré sur le site de l'Astredhor Est horticole qu'il est possible d'utiliser moins de régulateur de croissance lorsque les plantes sont cultivées au froid. Néanmoins, ce résultat est fonction de la variété utilisée (variétés poussantes ou non) et des situations climatiques des sites. Les résultats du site Astredhor Sud-Ouest montrent que lorsque les températures augmentent au printemps, la croissance de la plante reprend activement et la régulation chimique est nécessaire. Pour la modalité conventionnelle, les températures plus élevées de consignes de chauffage ont obligé à appliquer un régulateur de croissance. La diminution des températures dans le SDC « innovant » permet de supprimer le passage du régulateur de croissance (3 passages de régulateurs pour l'itinéraire conventionnel contre 1 passage lorsque l'on cultive à froid). L'abaissement des consignes de température peut provoquer un léger retard de floraison (plus ou moins une semaine en fonction des espèces) mais permet une amélioration très nette de la qualité du feuillage et du port de la plante. Les poinsettias produits via la conduite innovante plus économique en énergie (diminution des températures de consignes de chauffage à 14°C (contre 16°C pour le SDC conventionnel) sont d'autant meilleure qualité que ceux produits via la conduite conventionnelle. Les poinsettias sont légèrement plus petits pour la modalité innovante et surtout le rougissement a lieu environ une semaine plus tard. Cependant pour début décembre, tous les poinsettias qu'elle que soit la modalité étaient commercialisables.

3.2.3 Par la lumière

L'expérimentation a montré l'intérêt des couvertures et des peintures (filtres lumineux) qui augmentent le rapport entre lumière rouge/lumière rouge lointaine (R/RL) et/ou accroissent la transmission de la lumière UVA et UVB dans les structures de production. De ce fait, un rapport R/RL important réduit l'allongement de plusieurs espèces de plantes ornementales, conduisant à une réduction du nombre d'applications de régulateurs de croissance sur plusieurs cultures, ce qui se traduit par une économie potentiellement importante des nanifiants chimiques et de la main d'œuvre. La qualité des plantes obtenues est différente selon les régions de production.

Les résultats obtenus au cours de ce projet et particulièrement sur les sites Astredhor Pays de Loire, Bretagne et Sud-Ouest montrent que la croissance des pélargoniums dans un tunnel classique (itinéraire conventionnel) est plus importante que sous le tunnel avec filtres lumineux (Figure 4). On note que les pélargoniums de l'itinéraire conventionnel ont une floraison correcte alors que les pélargoniums de l'itinéraire innovant n'ont que 1 à 2 fleurs par plant. Ce retard est dû aux températures froides du tunnel qui ralentissent la floraison ainsi que la bâche régulatrice. Sur la période de commercialisation, un très léger écart de croissance est observé entre les deux itinéraires. Les plantes du schéma innovant sont légèrement plus volumineuses que celles du schéma conventionnel. En

revanche, la floraison des pélargoniums de l'itinéraire conventionnel est plus précoce de 1 à 2 semaines que celle de l'itinéraire innovant.



Figure 4 : Effet des filtres lumineux sur le développement de *Pelargonium hortorum* 'Robina'.

La culture de chrysanthème est très technique et nécessite souvent une régulation de croissance pour obtenir une plante de qualité. Dans le cas du chrysanthème grosses fleurs en pot, une économie de 2 à 3 applications de régulateur (diaminozide) peut être réalisée sur les variétés à forte croissance. Les évaluations qualitatives sur les plantes cultivées sous filtres R/RL montrent pour certaines variétés des plantes plus compactes avec un feuillage plus foncé et plus attractif, des entre-nœuds plus courts et des tiges plus robustes. Les essais réalisés en 2013 et 2014 sur des variétés très vigoureuses n'ont pas permis de montrer les effets escomptés des filtres lumineux. Ces derniers n'ont pas permis de limiter l'utilisation des régulateurs de croissance. Les filtres R/RL semblent provoquer un léger retard de la période de floraison.

Les résultats actuels sont satisfaisants, dans le sens où tous les filtres donnent des plantes de qualité au moins aussi satisfaisantes que pour l'itinéraire conventionnel et souvent avec des bénéfices qualitatifs (couleur du feuillage, ramification,...). Mais ces effets sont assez variables selon les espèces testées et compte tenu de la diversification produite chez les producteurs, ces derniers restent réticents à l'utilisation des filtres lumineux.

3.2.4 Par la stimulation mécanique (thigmomorphogénèse)

Au cours de ce projet, la technique de stimulation mécanique ou thigmomorphogénèse, a été travaillée sur plusieurs types de plante et dans plusieurs conditions. Concernant le type de matériel de stimulation, il peut être porté par un chariot automatisé ou non (aérien ou terrestre) sur lequel on fixe un support qui touche les extrémités des plantes. Sur un chariot existant, il est aisément de concevoir un système à moindre coût, mais la possession d'un chariot d'arrosage automatisé est une condition *sine qua non* à sa mise en œuvre. Le matériel de stimulation est divers, il doit être adapté selon la fragilité de la culture. Cela peut être un plastique (200 µm à 1 mm) plein avec traine ou frangé, simple ou doublé (chevauchement de lamelles), mais aussi une barre de PVC ou de l'acier. La fréquence de passage est l'autre paramètre important à déterminer pour obtenir des résultats efficaces. Des résultats du réseau Astredhor, indiquent que stimuler les plantes le matin et attendre au moins dix minutes entre deux allers-retours (AR) de stimulation seraient plus efficaces. Les premiers travaux sur la stimulation mécanique ont été menés à l'Arexhor Pays de Loire sur une culture de poinsettias en 2012 et 2013. La stimulation mécanique, quel que soit le matériau utilisé (barre en PVC, bâche plastique tissée pleine et bâche plastique tissée découpée en lamelles) a permis d'améliorer la qualité des productions par rapport à un témoin non stimulé et non régulé. Cependant, des dégradations plus ou moins importantes ont pu être constatées sur les plantes. Il s'agit essentiellement de brûlures de feuille et de cassures de feuille et de tige. Cette technique doit être adaptée pour cette culture. En 2014, c'est sur chrysanthèmes

que cette technique est mise en avant sur le site du Sud-Ouest. La thigmomorphogénèse associée à quelques passages de régulateurs de croissance malgré tout (4 traitements) a permis d'obtenir une qualité similaire à celle observée pour le conventionnel (8 traitements). Les frottements réguliers sur les plantes ont même donné un nombre plus important de ramifications et donc de fleurs pour les coupes cultivées. Sur le site Est horticole (2016), la stimulation mécanique a permis d'obtenir des chrysanthèmes avec un port plus compact et équilibré ainsi qu'une meilleure homogénéité dans la floraison des grosses fleurs. Les plantes de la modalité conventionnelle ont quant à elles dû être tuteurées. En 2016 et 2017, c'est sur la culture de dipladénia que ce levier a été expérimenté. Le choix a été fait de limiter les pincements en début de culture afin de montrer les effets de la thigmomorphogénèse. En comparaison avec la régulation chimique, la stimulation mécanique a permis d'augmenter les ramifications et de maintenir une croissance plus érigée. Par ailleurs, elle a eu un effet très important sur le développement des lianes en les réduisant de plus de 90 %. Ces observations sont relayées en 2016 sur les 2 autres sites travaillant sur le dipladénia (Bretagne et Centre). Au début de l'été, cet effet disparaît et la stimulation mécanique devient moins efficace que la régulation chimique sur la croissance globale de la plante.

Ces résultats permettent de réfléchir à d'autres stratégies à tester sur la régulation de croissance en combinant d'autres techniques avec la stimulation mécanique (Figure 5).



Figure 5 : Stimulation mécanique combinée au piégeage des ravageurs à l'aide de panneaux englués sur une culture de dipladénia.

Les premiers essais de transfert de la technique en entreprise se sont avérés prometteurs.

Les producteurs sont intéressés par cette technique peu onéreuse et facile à mettre en œuvre. Ils doivent ensuite réfléchir à comment l'intégrer dans leur itinéraire cultural notamment si habituellement des clips de tuteurage sont posés. L'intérêt se porte surtout sur les cultures longues (au moins deux mois de culture), qui nécessitent plusieurs applications de régulateurs (dipladénia, chrysanthème) et cette technique peut également représenter une alternative à la taille dans certains cas. Depuis 2017 tous les sites développent cette méthodologie dans le projet HORTIPOT.

3.3 Maîtrise des ravageurs

Les problématiques sanitaires en cultures ornementales sous abris concernent principalement des ravageurs tels que les thrips, les pucerons, les acariens, les cochenilles et les lépidoptères. Les observations menées de 2012 à 2017, par les expérimentateurs des 5 sites expérimentaux, installés sous des climats distincts et avec des structures différentes, montrent que la pression des ravageurs fluctue au fil des années. Les données publiées par DEPHY FERME révèlent qu'en production sous serre, l'**IFT insecticide** représente en moyenne **65%** de l'IFT total. Aujourd'hui, certains résultats de ce projet sont très encourageants mais ne permettent pas encore de faire de la lutte biologique l'unique stratégie de gestion de ces ravageurs, autant pour des raisons techniques qu'économiques.

3.3.1 Focus sur le thrips

Au cours de ce projet, sur quasiment tous les sites expérimentaux le thrips n'a pas été très présent sur les cultures de pélargonium et sur les plantes de diversification. Globalement, les produits de

biocontrôle testés se sont révélés suffisants pour contrôler les populations. De très bons résultats sont obtenus avec les acariens prédateurs *Amblyseius swirskii* (dose : 100 ind./apport), *Neoseiulus cucumeris* (dose : 50 ind./apport). Les IFT pour ce ravageur sont restés très bas (≤ 1). Pour ce qui est de la culture d'hibiscus, on note seulement en 2014 la présence importante de thrips en début de culture, qui a été bien maîtrisée à l'aide du prédateur *Eusius gallicus* associé à un apport alimentaire à base de pollen.

A l'opposé, le thrips a été l'un des ravageurs principaux du chrysanthème et implique le plus d'interventions qu'elles soient chimiques ou biologiques. En 2014 et 2015, ces insectes sont présents en quantité dès le début de l'essai, les populations étant nettement plus importantes en 2016 et 2017 dans le Sud-Ouest, la Bretagne et l'Est. Les quantités par plante atteignent régulièrement une quinzaine d'individus (classe 5), en majorité des larves. En début de culture (semaine 25) des traitements correctifs (orytis) sont déclenchés sur l'ensemble des cultures étant donné les dégâts sur feuilles et les blocages de croissance, ce qui a permis de réduire significativement les populations de thrips. Des lâchers d'acariens Phytoséiides prédateurs (orius) en semaine 30 sont effectués dans les itinéraires innovants, néanmoins, ces interventions ne semblent pas être seules à l'origine du contrôle des thrips. En effet, la punaise prédatrice *Orius* permet de maîtriser la population de thrips. Les orius qu'ils soient introduits (itinéraire innovant) ou présents naturellement sur les deux itinéraires jouent également un rôle de régulateurs efficaces. On a pu noter sur les trois dernières années d'expérimentation dans le Sud-Ouest que la gestion du thrips sur les chrysanthèmes était fortement dépendante des populations d'orius spontanés. Cette punaise se développe naturellement dans l'environnement des cultures et permet chaque année de maintenir les populations de thrips sous le seuil de nuisibilité, fixé à environ 10 individus visibles sur une plante commercialisable (Figure 6).

Cela montre l'importance de la connaissance de l'environnement et des seuils de nuisibilité des ravageurs dans la mise en place de la PBI. Cette stratégie ne peut être efficace que si les auxiliaires se maintiennent durablement dans les cultures avec par exemple la mise au point de solutions d'habitat et d'alimentation.

Itinéraire conventionnel

Itinéraire innovant

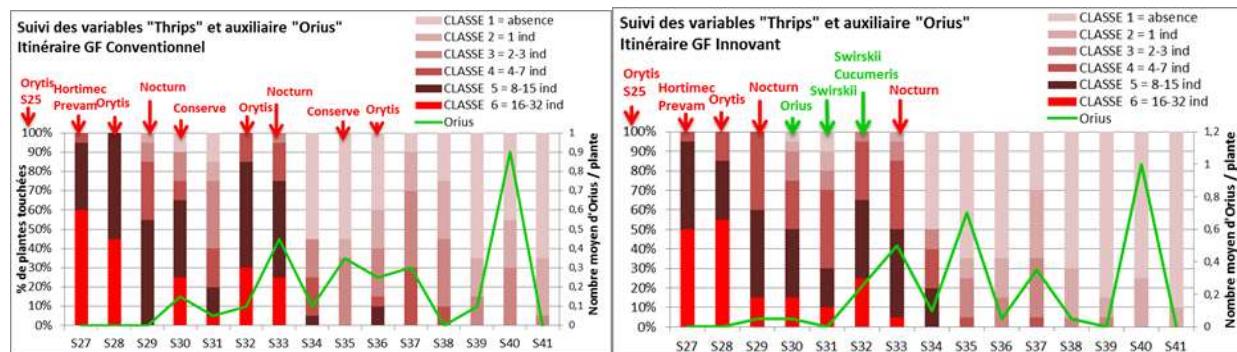


Figure 6 : Suivi des variables « thrips » et de l'auxiliaire indigène « Orius » sur les chrysanthèmes grosses fleurs (GF) par semaine (S) en 2016 dans le Sud-Ouest.

3.3.2 Focus sur les pucerons

La gestion par la PBI reste encore délicate à mettre en œuvre.

La lutte contre les pucerons représente en moyenne 5 à 6 traitements. La lutte biologique est généralement difficile compte tenu de la rapidité de multiplication de ces espèces. Pour cette raison, le traitement par insecticides en localisé pour les premiers foyers observés est indispensable dans la majorité des cas, mais lorsque plus de 10 foyers se déclarent dans la serre, un traitement généralisé est

obligatoire. Au fil des années d'expérimentation, la référence conventionnelle a été de plus en plus raisonnée avec moins d'applications et plus en localisées. En PBI, des lâchers de parasitoïdes (*Aphidius sp.*) sont généralement réalisés. Ces derniers vont pondre à l'intérieur des pucerons et ainsi les parasiter en 10 jours. Des prédateurs comme les chrysopes sont aussi utilisés. Cet auxiliaire de lutte généraliste est utilisé dans les différentes cultures du projet, notamment avec un intérêt pour le « nettoyage » de foyer. Il a également l'avantage d'être actif à partir de 10/12°C dans les serres. Sur des cultures comme le géranium et l'hibiscus il est possible de démontrer qu'une gestion des pucerons en PBI est aussi efficace qu'une conduite chimique (CDHR 2014).

Des résultats très intéressants ont été obtenus en 2017 à la station Est Horticole. Il a été observé que les pucerons progressent nettement en cours de culture. De ce fait des traitements avec des produits phytosanitaires sont nécessaires dans la modalité conventionnelle. En revanche, sur le système innovant, la présence de nombreux auxiliaires est observée (cécidomyies, parasitoïdes, chrysopes, syrphes, punaises prédatrices) (Figure 7). La gestion naturelle par la faune indigène a donc été privilégiée. Cette décision porte ses fruits, puisque 2 semaines avant la vente, les deux modalités ont des populations de ravageurs similaires. Il est intéressant de noter que le nombre d'auxiliaires présents et leur diversité sont nettement plus élevés en innovant qu'en gestion conventionnelle chimique. **L'installation de cette faune indigène** est ainsi facilitée en **l'absence de traitements phytosanitaires** et est donc plus à même de réguler les populations de pucerons.

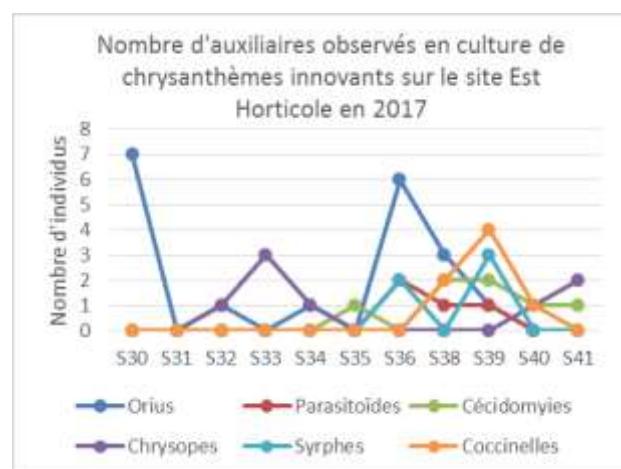


Figure 7 : Suivi de la faune auxiliaire indigène dans une culture de chrysanthème (Innovant) sur le site Est Horticole en 2017.

L'efficacité concernant l'utilisation des auxiliaires dans le cadre de la PBI contre ces insectes ravageurs reste encore assez mitigée. Les populations de **pucerons** sont difficiles à maîtriser et le **biocontrôle n'est pas toujours efficace**. La solution respectant les enjeux Ecophyto n'est donc pas encore trouvée sur ce ravageur.

3.3.3 Focus sur les aleurodes

L'expérimentation menée sur hibiscus au CDHR durant les années 2012, 2013 et 2014 a permis de montrer que *T. Vaporariorum* observée en début de culture (fin mai) peut être maîtrisée de manière efficace par des lâchers d'auxiliaires.

Pour *B. tabaci*, pour l'année 2014, les attaques ont été globalement plus tardives avec une montée en puissance progressive des populations, 100 % des plantes touchées en fin de culture et une efficacité négative des lâchers d'auxiliaires. Les trois techniques de lutte mises en œuvre vis-à-vis de ce ravageur ne se sont pas révélées efficaces. Une intervention avec un produit phytosanitaire a été réalisée en fin de culture mais la qualité sanitaire n'a pas été suffisante pour commercialiser les plants.

Sur culture de Poinsettia, le principal ravageur rencontré est *Bemisia tabaci*. Les professionnels sont tous confrontés à ce bioagresseur devenu résistant à tous les traitements phytosanitaires autorisés.

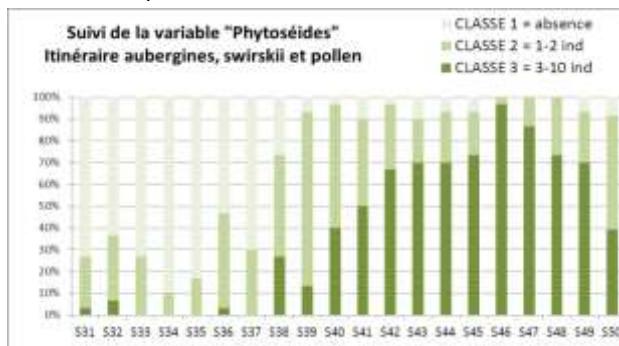
Face à ces impasses, l'objectif des expérimentateurs est d'optimiser les stratégies en lutte biologique afin de maîtriser *B. tabaci* pour un coût acceptable. Ces années d'expérimentation ont montré l'intérêt d'utiliser des **panneaux chromatiques** englués pour obtenir une corrélation entre les adultes piégés et la population de *Bemisia tabaci* sur les plantes. L'utilisation de **plantes pièges** en début de culture est également intéressante. Les plants d'**aubergine** attirent fortement les premiers adultes qui peuvent ensuite être piégés par des panneaux positionnés à 10 cm autour des aubergines. Quand la population d'aleurodes augmente, il est conseillé d'effeuiller ou d'aspirer les aleurodes à l'aide d'un petit aspirateur ménager toutes les 2 semaines ou de retirer les pots d'aubergine pour éviter de multiplier les ravageurs et d'en attirer d'autres comme les pucerons et les acariens. Par ailleurs, des apports réguliers de l'acarien prédateur ***Amblyseius swirskii*** empêchent l'augmentation de la population de l'aleurode en la maintenant sous le seuil de nuisibilité. Cependant, en fin de culture, les aleurodes sont encore présents sur toutes les plantes sans apparition de fumagine et donc sans impacter la commercialisation. Dans le but d'améliorer cette stratégie, des apports réguliers de **pollen** ont été effectués en 2014 et 2015, pour accroître les populations d'*A. swirskii*. L'apport de pollen dans l'itinéraire « Innovant » a eu un **effet spectaculaire sur le développement d'*A. swirskii***, de nombreuses larves du prédateur sont observées sur les plantes, preuve d'une reproduction, tandis que seuls les adultes sont visibles dans l'itinéraire sans pollen.

Les expérimentations en 2015 et 2017 montrent la maîtrise des populations d'aleurodes pour la modalité avec nourrissage des auxiliaires et un décrochage de la lutte biologique pour la modalité sans complément alimentaire.

Les apports d'*A. swirskii* par sachets et de nourriture en complément n'empêchent pas l'installation des aleurodes ni leur développement sur les premières semaines. En revanche, cette stratégie permet d'atteindre des quantités de Phytoséiides 3 fois supérieures et un étalement total des auxiliaires sur les plantes en 7 semaines contre 13 pour la modalité sans nourrissage (Figure 8). Le développement ou l'apport en parallèle de parasitoïdes (*Erectmocerus eremicus*) complète celui des prédateurs et améliore le ratio global entre les auxiliaires et les ravageurs. Tout ceci permet de maîtriser les populations d'aleurodes à partir de la fin du mois de novembre. Les quantités visibles sont parfois encore élevées, néanmoins elles n'empêchent pas la commercialisation des plantes, contrairement à l'autre modalité où les adultes sont présents sur plus de 50 % des feuilles sans parler des zones où les larves vivantes se comptent par centaines.

Ce résultat est très prometteur pour l'utilisation d'*A. swirskii* sur poinsettia et sur d'autres plantes touchées par l'aleurode. Etant donné que **l'application du pollen coûte 8 fois moins que l'apport d'*A. swirskii***.

Innovant avec pollen



Innovant sans pollen

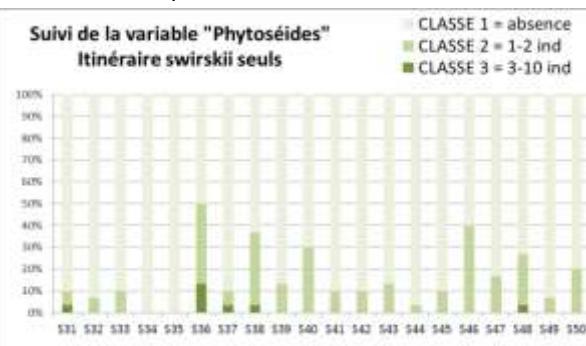


Figure 8 : Suivi des Phytoséiides sur poinsettia dans un schéma de culture avec ou sans apport de pollen sur le site du Sud-Ouest.

3.3.4 Focus sur les chenilles

Le produit phytosanitaire 'Delfin', comportant la toxine de *Bacillus thurengiensis* (Bt) fait partie des produits de **biocontrôle** et démontre d'années en années son **efficacité** contre les chenilles. C'est au cours des premiers stades larvaires sensibles que la lutte doit être mise en place car au-delà du 4ème stade les traitements ne sont plus efficaces. Il est important de suivre les vols en piégeant les papillons. La fréquence d'intervention est l'une des clés pour empêcher la présence de chenilles dans les boutons au moment de la vente. Une chenille vivante sur une vingtaine de points d'observation déclenche une intervention, de même que 2 ou 3 dégâts frais et non cicatrisés. En fonction des itinéraires, cette protection nécessite entre 3 et 5 traitements. Les **traitements Bt se retrouvent dans l'IFT biocontrôle (Nodu vert)**.

4. Synthèse générale des 6 années d'expérimentation

A l'issue de ce projet, certaines questions se posent : le produit final a-t-il une qualité équivalente entre les deux itinéraires ? Les coûts engendrés sont-ils les mêmes ? Avons-nous atteint une réduction de 50 % des IFT ? Et enfin, les méthodes utilisées sont-elles transférables chez les producteurs ?

Pour quasiment tous les systèmes étudiés et les deux itinéraires comparés (conventionnel et innovant), il est possible d'obtenir un **produit fini satisfaisant**. En effet, la qualité des plantes cultivées dans les itinéraires de culture innovants a été durant ces 6 années d'expérimentation équivalente ou supérieure à celle des plantes cultivées dans le modèle conventionnel. Les critères de qualité que sont le développement, le port compact, l'absence de dégâts sur feuilles et sur fleurs ont été notés et correspondent bien aux critères commerciaux.

En termes de protection sanitaire, la production **innovante** est **plus coûteuse** que l'itinéraire **conventionnel** (ex : coût des auxiliaires, main d'œuvre supplémentaire pour le suivi de la PBI). Au niveau de la **marge financière**, la production **innovante** engendre parfois un **léger déficit** en comparaison avec le schéma **conventionnel**, mais dans certains cas comme par exemple les cultures de pélargonium ou de diversification la marge brute est au moins identique à celle obtenue dans le système de référence témoin.

Dans le cas d'une culture de chrysanthème sur un site du sud (GIEFPSO) et le site du Nord (Est Horticole), le coût de la protection dans la région sud est supérieur de 55 % (Tableau 5) en innovant et s'explique en grande partie par le nombre de lâchers d'auxiliaires mais la qualité commerciale est meilleure et de ce fait, les ventes ont en partie compensé le coût de la protection et la différence de marge opérationnelle n'est plus que de 9 % en faveur de l'itinéraire conventionnel. A Est horticole, la gestion des ravageurs en PBI sans utiliser d'insecticide malgré une pression intermédiaire montre un coût de la protection raisonnable mais très supérieur au conventionnel en raison des lâchers de chrysopes. Les marges rendent compte de cette différence de coût de la protection (17 %).

Au regard de cet enjeux, il apparaît que le **surcoût des méthodes de biocontrôle** par rapport aux **solutions phytosanitaires** est un élément clé du changement de pratique. L'objectif des expérimentateurs est d'**optimiser les stratégies en lutte biologique** pour un **coût acceptable**.

Le niveau de satisfaction des objectifs en termes d'IFT est atteint et la réduction de 50 % des applications phytosanitaire pour certaines productions est largement respectée (Figure 9). Il reste vrai que l'on peut noter quelques différences dans les indices de fréquence de traitement entre chaque région. Pour certaines cultures on trouve 2 à 3 fois plus d'IFT dans le sud en comparaison avec les productions plus au nord compte tenu des niveaux de pressions des bioagresseurs. C'est ce que nous montre le graphique de la Figure 10 pour une culture de chrysanthème. Les alternatives aux régulateurs de croissance peuvent être très différentes, là aussi, pour chaque site de production. Ces 'nanifiants' chimiques font augmenter de façon significative les IFT.

Tableau 5 : Comparaison des performances économiques entre système conventionnel et innovant.**Région Sud****GIE Fleurs et Plantes du Sud-ouest**

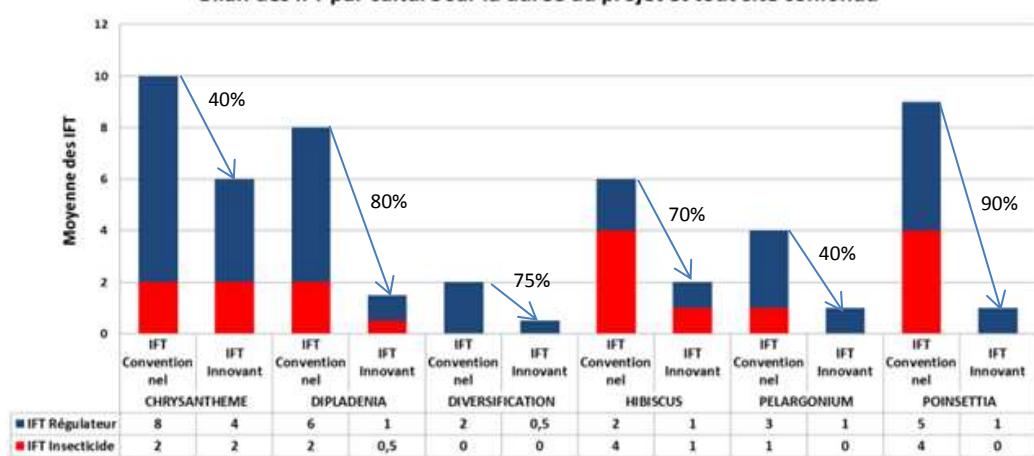
- Forte pression en thrips
- Gestion PBI complétée par des traitements chimiques de rattrapages

Pour 1000 m ²	Conventionnel	Innovant
Traitements phyto ou lâchers d'auxiliaires	11 traitements 1 Traitement Nodu vert	7 traitements 1 biocontrôle 3 lâchers auxiliaires
Coût de la protection	660 €	1184 €
Marge opérationnelle	3957 €	3605 €

Région Nord**-9%****Arexhor Est Horticole**

- Gestion PBI sans produit phytosanitaire

Pour 1000 m ²	Conventionnel	Innovant
Traitements phyto ou lâchers d'auxiliaires	5 traitements phyto	2 traitements 1 biocontrôle 3 lâchers auxiliaires
Coût de la protection	75 €	406 €
Marge opérationnelle	1966 €	3605 €

-17%**Bilan des IFT par culture sur la durée du projet et tout site confondu****Figure 9** : Evolution des IFT pour les 6 années d'expérimentation tout site confondu

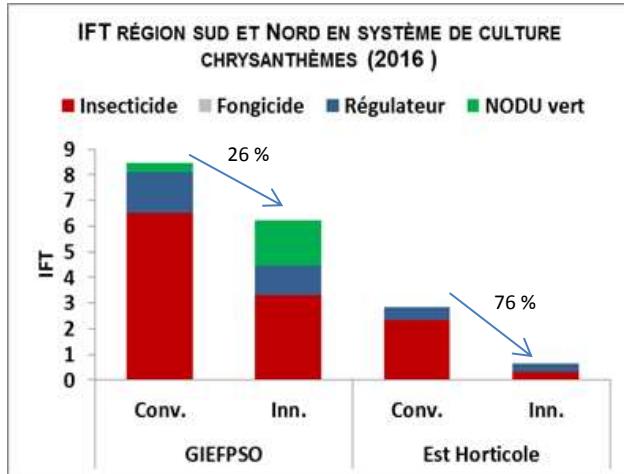


Figure 10 : IFT région sud (GIEFPSO) et Nord (Est Horticole) en système de culture chrysanthèmes (2016)

5. Conclusion et perspectives

Ce travail de 6 ans a permis d'acquérir un **maximum d'information** qui va permettre d'améliorer la **performance des entreprises horticoles** et de **limiter** strictement **l'utilisation de produits phytopharmaceutiques** au sein de leur serre de production. Il sera nécessaire de prendre en considération les **exigences du marché** qui obligent à obtenir des plantes avec **zéro défaut**.

En ce qui concerne la **mise en œuvre des leviers d'action ou règles de décision prévues**, les **méthodes alternatives** ont trouvé leur place et permettent de **remplacer** dans certains cas **les produits chimiques**. La protection biologique intégrée (PBI) a donné entière satisfaction pour certains ravageurs, mais demande à être approfondie pour d'autres qui posent encore quelques problèmes de contrôles et notamment pour certains bioagresseurs. Pour ce qui est de la régulation de croissance, les résultats diffèrent d'une espèce à l'autre et doivent être approfondis et des solutions restent à trouver. C'est un point crucial car dans la plupart des cas, l'IFT dépend de ce facteur.

Bien que la protection biologique et intégrée se soit largement développée au sein des productions horticoles, les **lâchers d'auxiliaires** sont encore **coûteux** et ciblent seulement les jeunes stades des ravageurs. Quant aux adultes, les panneaux englués chromatiques sont à ce jour le moyen de lutte le plus utilisé. Pour un piégeage de masse efficace, leur positionnement spatial dans la culture est primordial. Dernièrement, ils ont été associés à des chariots d'irrigation sous forme de bandes engluées afin de piéger les insectes volants lors de l'arrosage des plantes par aspersion. Par ailleurs, quand ils sont couplés aux bâches plastiques prévues pour la stimulation mécanique (thigmomorphogénèse), les aleurodes se multiplient beaucoup moins sur les plantes. Il semblerait qu'un contact régulier sur les plantes dérange les insectes ailés, ensuite piégés sur les bandes engluées au moment de leur envol. Il apparaît nécessaire d'améliorer encore l'efficacité de la PBI pour de meilleurs résultats techniques, et pour des coûts/m² plus faibles. Pour cela il faut pouvoir envisager la **réduction des apports d'auxiliaires** commercialisés et favoriser la **faune naturelle**. Il faut donc rechercher les facteurs favorables à l'augmentation et la valorisation d'une faune auxiliaire (spontanée ou apportée). Le maintien des auxiliaires dans les cultures en leur offrant **habitat et nourriture** sont des points à explorer et à aborder sérieusement dans les prochains essais (Fiedler et al., 2008 ; Villenave, 2007). On peut donner ici l'exemple des pucerons sur chrysanthèmes ou la présence de ces derniers (toutes espèces confondues) en début et milieu de culture se contrôle en général naturellement grâce aux prédateurs et parasitoïdes spontanés (syphes, chrysopes, parasitoïdes, cécidomyies...) excepté quand on arrive à la fin de culture ou une intervention avec des produits phytosanitaires reste obligatoire (GIE FPSO, 2016).

L'idée est d'intégrer de nouvelles fonctions sur les chariots de culture (arrosage, régulation de croissance, souffleur, piégeage chromatique) et d'en mesurer l'impact sur le piégeage de masse des insectes ailés ravageurs (aleurodes, thrips, pucerons). Il s'agit d'évaluer une méthode globale de protection intégrée basée sur la lutte biologique associée à une lutte physique ou mécanique.

Cette conduite qui permettrait de travailler sur le levier régulation de croissance et insecticide se positionne dans une déclinaison des stratégies de push and pull où l'on cherche à déloger les insectes nuisibles par la mise en mouvement régulière des plantes (traine plastique, air pulsé, aspiration...) pour ensuite mieux les piéger. Au-delà de l'effet sur les ravageurs, il faut aussi s'assurer que ces méthodes soient compatibles avec les stratégies de protection biologiques actuelles (impact sur les parasitoïdes ailés) et avec la croissance des plantes. Enfin, l'avantage de cette technique serait de pouvoir combiner une action préventive en empêchant les adultes de s'installer et de pondre et une action curative pour limiter le développement des générations suivantes par un piégeage actif là où de simples panneaux immobiles ne suffisent plus.

Un autre levier intéressant et complémentaire pourrait être l'utilisation de lampe UVC contre les maladies fongiques et bactériennes à fixer sur les chariots d'arrosage.

Les finalités sont de cerner si les surcoûts engendrés jusqu'à maintenant par les méthodes alternatives actuelles peuvent être réduits. L'association de l'ensemble des acteurs de la filière est à prévoir pour innover à tous les échelons et diffuser un maximum et rapidement les techniques de biocontrôle.

Références bibliographiques

- Acta, 2017. Les auxiliaires des cultures – entomophages, acariphages et entomopathogènes - 4^{ème} édition 2017, Acta éditions 256 p.
- Alim'agri, 2013. Protection des cultures et maîtrise des produits phytosanitaires. <http://agriculture.gouv.fr/protection-des-cultures-et-maitrise-des-produits-phytosanitaires>
- ASTREDHOR, 2017. Compte-rendu Programmes Régionaux et Nationaux ; Synthèse sur la PBI/Biocontrôle.
- ASTREDHOR, 2017. Stations d'expérimentations. <http://www.astredhor.fr/stations-d-experimentation-420.html>
- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M. (Eds), 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 64 p.
- 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 Eds (France), 90 p.
- Carpentier C., Dedryver C.-A., Reau R., Volay T., 2009. Ecophyto R&D : vers des systèmes de culture économies en produits phytosanitaires. Tome I : Méthodologie générale. INRA Editeur (France), 76p.
- Fiedler A., Landis D., Wratten S., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. Biological control ; 45 ; 254-271
- Hirth A., 2011. Le biocontrôle pour la protection des cultures : 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. Rapport au Premier ministre François Fillon Mission parlementaire auprès de Bruno Le Maire, ministre de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire, confiée à Antoine Hirth, 156p.
- Vaury C., 2014. Perspectives du Biocontrôle en France. http://www.ibmafrance.com/uploads/1/9/8/2/19823647/panorama_acteurs_biocontrolle_france.pdf.

- Li-Marchettic C., Deogratias J.-M., Stapel O., Ferre A., Morel P., Crespel L., 2016. Caresser les plantes pour réguler au mieux leur croissance. Le lien Horticole n°985, p. 8 et le Lien horticole n° 894.
- Potier D., 2014. Pesticides et agro-écologie, Les champs du possible. Rapport au premier ministre Manuels Valls
- Ricci P., 2010. Economiser en pesticides : contrainte ou opportunité ? Innovations agronomiques 8, pp.1–13.
- Villenave J., 2007. Etudes de la bio-écologie des névroptères dans une perspective de lutte biologique par conservation 241 p Thèse de l'Université d'Angers.

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).