

Réduire l'emploi des produits phytosanitaires en verger de pommier Les enseignements du réseau national EXPE Ecophyto Pomme

Zavagli F.¹, Alison B.², Ballion S.³, Bellevaux C.⁴, Favareille J.¹, Giraud M.¹, Le Berre F.⁵,
Lesniak V.⁶, Sagnes J.L.⁷, Verpont F.¹

¹ Ctifl, 28 route des Nébouts, F-24130 Prignonrieux

² SudExpé, Mas Carrière, F-34590 Marsillargues

³ Cefel, 49 chemin des Rives, F-82000 Montauban

⁴ Invenio, Domaine de la Faye, F-87500 St-Yrieix-la-Perche

⁵ La Morinière, La Morinière, F-37800 St. Epain

⁶ La Pugère, chemin de la Barque, F-13370 Mallemort

⁷ CA 82, 130 Avenue Marcel Unal, F-82000 Montauban

Correspondance : zavagli@ctifl.fr

Résumé

27 systèmes de culture, répartis sur six sites en France, constituent le réseau national EXPE Ecophyto Pomme. L'étude vise à acquérir des références techniques et économiques sur les moyens permettant de réduire l'emploi des produits phytosanitaires et de limiter les résidus détectables sur les fruits. Les principaux leviers mobilisés sont la génétique (résistance variétale), le contrôle cultural (prophylaxie), le biocontrôle, l'efficience (outils d'aide à la décision et seuils d'intervention, modulation des doses, techniques de pulvérisation), la protection physique (filet Alt'Carpo, bâches anti-pluie), la mécanisation (désherbage mécanique), la lutte biologique (par lâchers et par conservation). Les systèmes économes étudiés sont conduits en protection fruitière intégrée ou en agriculture biologique (AB).

Sur une moyenne de cinq campagnes, 12 systèmes (sur 19) ont atteint un pourcentage de réduction de l'IFT chimique total de plus de 50 % par rapport à une modalité dite de « Base ». Par contre, uniquement 7 systèmes sont considérés comme des systèmes économes et performants (SCEP2). Parmi ceux-là, seuls les 3 systèmes conduits en AB présentent un produit brut égal ou supérieur aux charges engagées.

Mots-clés : Pommier, Expérimentation systèmes, Protection, Résidus, Indicateurs

Abstract : Reduce the use of pesticides in apple orchards. Experiences from the national apple network EXPE Ecophyto.

27 production systems, located on six places in France, compose the national apple network EXPE Ecophyto. The study aims to acquire technical and economic references to reduce the use of pesticides and limit detectable residues on fruits. The main mobilized technics are genetics (varietal resistance), cultural practices (prophylaxis), biocontrol products, efficiency (models and decision thresholds, doses modulation, spraying techniques), physical protections (Alt'Carpo nets, rain covers), mechanization (mechanical weed control), beneficial insects (released or by preservation). The economic systems are led with an integrated fruit protection program or in an organic way.

On an average of five years, 12 systems (on 19) reached a percentage of reduction of the total chemical treatment frequency indicator (in French : IFT) of more than 50 % with regard to the reference. On the other hand, just 7 systems are considered as economic and efficient systems (in French : SCEP2). Among those, only the 3 organic systems present an equal or upper economic profit than the incurred production costs.

Keywords : Apple trees, System trials, Protection, Residues, Indicators

1. Les enjeux

Les années 1980 ont marqué la fin de la lutte chimique à tout va. Dès les années 90, la production fruitière intégrée s'est mise en place dans les vergers de pommiers favorisant le raisonnement de la protection chimique et le développement des techniques alternatives. Depuis, le plan Ecophyto (2007) et la révision de la Directive Européenne sur les substances phytopharmaceutiques (2011) incitent à limiter encore plus les usages de pesticides en raison de leur caractère de toxicité et d'écotoxicité, voire de les supprimer complètement. Ainsi la réduction des produits phytosanitaires a plusieurs enjeux, d'ordre sanitaire, environnemental et économique. Diminuer l'emploi des « phytos » est souvent assimilé à une réduction de la production commercialisable et donc du revenu pour les agriculteurs. Le projet DEPHY EXPE Ecophyto Pomme a pour objectif de mesurer la faisabilité agronomique et économique d'un ensemble combiné de techniques et de stratégies de protection économes en phytosanitaire ou alternatives en vue d'un transfert vers des vergers commerciaux.

Aujourd'hui, la question des pesticides mobilise l'ensemble des « acteurs » de la filière, de la production agricole au consommateur, en passant par les circuits de la distribution. La recherche est engagée dans l'expérimentation de pratiques économes et performantes.

2. Méthodologie et conditions d'expérimentation

2.1 Le dispositif

Le réseau national EXPE Ecophyto Pomme est composé de six sites d'expérimentation (La Morinière, Invenio Saint Yrieix la Perche, Ctifl Centre de Lanxade, Cefel, SudExpé, anciennement Cehm, et La Pugère) localisés dans les trois bassins de production de la pomme, le Val de Loire, le Sud-Ouest et le Sud Est (Figure 1).

Le principe consiste à évaluer des systèmes de culture (SdC) combinant différents moyens de protection contre les bio-agresseurs, des techniques d'entretien du sol et de maîtrise de la charge, dans l'objectif de réduire l'emploi des produits phytosanitaires et de limiter les risques d'avoir des résidus détectables sur les fruits.

La finalité est d'analyser à l'aide d'indicateurs de performances techniques et économiques l'intérêt et la faisabilité des stratégies mises en œuvre. Pour cela, chaque site a défini un SdC dit de « Base 1 », conduit avec une variété sensible à la tavelure et des pratiques représentatives de la région d'implantation de l'essai. Toutes les modalités « Ecophyto » ou « Base 2 » sont comparées à cette référence. Au total, le réseau national EXPE Ecophyto Pomme comporte 27 SdC :

- 8 SdC « Base » variétés sensibles (Fuji, Gala, Golden, Rosy Glow_{cov}, Granny Smith Challenger), nommés « Base 1 » ;
- 8 SdC « Ecophyto » variétés sensibles (Fuji, Gala, Golden, Rosy Glow_{cov}), les systèmes « Ecophyto 1 » ;
- 3 SdC « Base » variétés résistantes (Ariane_{cov}), les « Base 2 » ;
- 3 SdC « AB » variétés résistantes en Agriculture Biologique (Ariane_{cov}, Opal® UEB 32642_{cov}), nommés « Base 2 bio » et « Ecophyto 2 bio » ;
- 5 SdC « Ecophyto » variétés résistantes (Ariane_{cov}, Crimson Crisp®Coop 39_{cov}, Opal® UEB 32642_{cov}), les « Ecophyto 2 ».

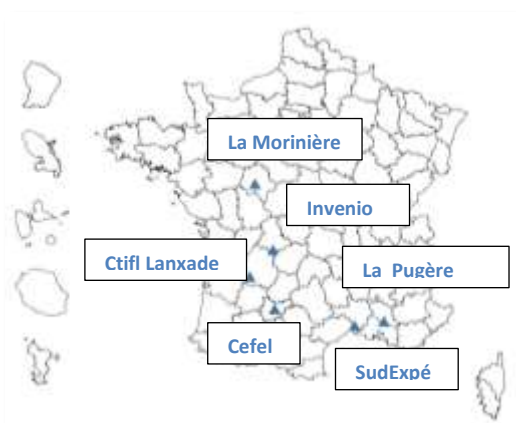


Figure 1 : Le réseau national EXPE Ecophyto Pomme, un projet multi-sites.

2.2 Les leviers étudiés

Avant chaque campagne, des règles de décision communes au réseau sont établies pour construire les stratégies de protection, le choix des leviers mis en œuvre reste spécifique à chaque site.

Sur les différents SdC qui visent une réduction de l'IFT, les stratégies de gestion **de la tavelure** mobilisent :

- La lutte génétique avec les variétés résistantes aux souches communes de tavelure ;
- L'efficience¹ avec le raisonnement de la lutte chimique sur les contaminations primaires (printemps) et sur les contaminations secondaires (été). Ce raisonnement repose essentiellement sur les informations fournies par le modèle RIM Pro (qui simule le risque d'infection) pour les contaminations primaires et sur des seuils de dommages acceptables sur pousses et fruits pour les contaminations secondaires.
- Les produits de biocontrôle (liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, sur la base de la mise à jour du 18 octobre 2017) avec de la substitution¹ sur certaines périodes ;
- La lutte physique avec les bâches anti pluie où l'objectif est de limiter le développement de la tavelure en agissant de trois façons, (i) sur la dissémination des ascospores venant du lit de feuilles ; (ii) sur la dissémination des conidies d'un étage foliaire à un autre, voire sur les fruits ; (iii) et en limitant les conditions favorables à la germination des conidies.

Les stratégies de gestion du **puceron cendré** s'appuient, selon les SdC, sur :

- L'efficience avec le raisonnement des interventions pré florales (une intervention au lieu de deux) et post florales (intervention non systématique sur les SdC Ecophyto)
- La substitution avec la mise en œuvre de traitements de barrière physique lors du vol retour du puceron à l'automne ;
- La lutte biologique par lâcher avec des introductions d'insectes auxiliaires ;
- La lutte biologique par conservation de l'habitat.

Les stratégies de gestion des **lépidoptères** privilégient :

- La lutte physique avec les filets Alt'Carpo ;
- La lutte biotechnique avec la confusion sexuelle ;
- Les produits de biocontrôle. Deux types de produits sont employés : le virus de la granulose et le *Bacillus thuringiensis*.

Les stratégies de gestion des **adventices** mettent en œuvre le désherbage mécanique et thermique.

La **modulation de la dose et du volume de bouillie** en fonction de la végétation (c'est-à-dire par rapport au volume de la haie fruitière avec une dose/hl ramenée en dose en %), le traitement sur frondaison avec un **équipement fixe par micro-asperion ou par sprinkler**, ainsi que la **production en AB** sont d'autres pistes qui sont travaillées dans le cadre de ce projet.

¹ Les stratégies de gestion des bioagresseurs peuvent être classées selon trois catégories : Efficience, Substitution et Reconception (Hill et MacRae, 1995 ; Laget E. et al, 2015). Dans le cadre de la réduction des produits phytosanitaires, l'efficience correspond à une amélioration de l'efficacité des traitements ; la substitution au remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif, enfin la reconception signifie que la cohérence d'ensemble du système est repensée, que plusieurs leviers de gestion complémentaires sont mobilisés.

La Figure 2 montre pour chaque système étudié les leviers qui sont mis en œuvre et l'objectif de réduction d'emploi des produits phytosanitaires qui a été fixé au début du projet.

	Systèmes	Choix variétal	Moyens alternatifs privilégiés	Confusion sexuelle	Protection Alt'Carpo	Lutte biologique & biodiversité	Traitements Tavelure selon modèle	Bâche anti-pluie	Eclaircissage mécanique privilégié	Gestion mécanique des adventices	Adaptation du vol. de bouillie et des doses	Pulvérisation sur frondaison	Objectif de réduction de l'IFT
CEFEL	Système BASE 1	Fuji		X			X						Réf.
	Système BASE 2	Ariane		X			X						15 à 30%
	Système ECOPHYTO 1	Fuji	X		X		X			X			50%
	Système ECOPHYTO 2	Ariane	X	X	X		X		X	X			50 à 70%
SudExpé	Système BASE 1	Granny Smith Challenger		X			X						Réf.
	Système ECOPHYTO 1	Granny Smith Challenger	X		X		X			X			50%
	Système BASE 2 BIO	Opal	X	X		X	X			X			15 à 30 %
	Système ECOPHYTO 2 BIO	Opal	X		X	X	X			X			60 à 70 %
Ctifl Lanxade	Système BASE 1	Brookfield					X						Réf.
	Système BASE 1 bis	Brookfield					X						Réf.
	Système BASE 2	Ariane					X						15 à 30%
	Système ECOPHYTO 1	Brookfield	X		X			X	X	X			50%
Invenio	Système ECOPHYTO 1 bis	Brookfield	X		X		X					X	50%
	Système ECOPHYTO 2	Ariane	X		X	X	X		X	X			70%
	Système BASE1	Golden		X			X						Réf.
	Système ECOPHYTO 1	Golden	X		X	X	X		X			X	50%
La Pugère	Système BASE 1	Golden		X			X						Réf.
	Système ECOPHYTO 1	Golden	X		X	X	X			X	X		30 à 50%
	Système ECOPHYTO 2	Crimson Crisp	X		X	X	X			X	X		50 à 70%
	Système BASE 1	Gala					X						Réf.
La Morinière	Système BASE 1 bis	Rosy Glow		X			X						Réf.
	Système BASE 2	Ariane					X						15 à 30%
	Système ECOPHYTO 1	Gala	X	X			X						30 à 50%
	Système ECOPHYTO 1 bis	Rosy Glow	X	X				X					50%
	Système Ecophyto 2	Ariane	X	X			X		X				60 à 70%
	Système Ecophyto 2 bis	Ariane	X	X	X		X		X				50 à 60%
	Système ECOPHYTO 2 BIO	Ariane	X	X			X		X	X			60 à 70%

Figure 2 : Leviers mobilisés et objectifs de réduction d'IFT de chaque système du réseau national EXPE Ecophyto Pomme.

2.3 La pression des bio-agresseurs selon les années et les sites

2.3.1. La pression tavelure

Sur les cinq années du projet, les conditions les plus favorables à la tavelure ont été les années 2013 et 2016, avec au printemps un nombre de contaminations primaires à fort risque d'infection se situant entre 5 et 10, voire supérieur à 10, pour les sites du Cefel, de SudExpé (en 2016 uniquement), d'Invenio et de La Morinière. Quant aux nombre d'infections sur fruits (contaminations secondaires au cours de l'été), leur nombre est généralement plus faible, à l'exception de l'année 2013 pour les sites du Cefel et de SudExpé (avec plus de 10 infections sur fruits) et celle de 2016 pour La Morinière (9 infections sur fruits).

La Figure 3 montre la pression globale de la tavelure par année et par site.

Années	CEFEL	SudExpé	Ctifl Lanxade	Invenio	La Pugère	La Morinière
2013	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte	Forte
2014	Moyenne	Faible	Faible à moyenne	Moyenne à forte	Faible	Moyenne
2015	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne à forte
2016	Forte	Forte	Moyenne à forte	Moyenne à forte	Moyenne	Moyenne à Forte
2017	Moyenne	Forte	Moyenne	Moyenne à forte	Moyenne	Moyenne

Figure 2 : Appréciation globale de la pression tavelure sur les campagnes 2013 à 2017

2.3.2. La pression des ravageurs

Le développement des ravageurs est plus lié à la parcelle. La Figure 4 retrace de manière globale pour chaque site les niveaux de pression.

Ravageurs	CEFEL	SudExpé	Ctifl Lanxade	Invenio	La Pugère	La Morinière
Carpocapse	Moyen	Fort	Faible	Faible	Fort	Faible
Tordeuses	Faible	Faible	Moyen	Faible	Faible	Moyen
Pucerons cendrés	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Fort	Fort
Pucerons lanigères	Moyen	Faible	Moyen	Faible	Moyen	Moyen
Zeuzère	absent	Fort	Faible	absent	Moyen	absent
Acariens	Faible	absent	Faible	absent	Faible	absent

Figure 3 : Pression générale des ravageurs sur les 6 sites d'expérimentation du réseau national EXPE Ecophyto Pomme.

2.4 Le choix des indicateurs agronomiques et économiques

Pour évaluer la réduction d'emploi des produits phytosanitaires et mesurer la performance des systèmes, différents indicateurs sont calculés.

- **L'IFT = indice de fréquence de traitement.** Il exprime le nombre de traitements réalisés et prend en compte la dose d'application par rapport à la dose homologuée minimale sur une culture donnée ainsi que la surface d'application (à l'échelle de l'arbre ou de la parcelle). Il est calculé pour l'ensemble des traitements, qu'ils soient dits « chimiques » ou de « biocontrôle », et déclinés selon les usages (fongicides, insecticides, régulateurs de croissance, herbicides).
- **La maîtrise sanitaire globale** est évaluée et caractérisée par un indicateur qui prend en compte les niveaux de dommages observés pour les principaux bio-agresseurs.
- **Les résidus de produits phytosanitaires.** Une analyse « multi-résidus » est réalisée à chaque récolte sur l'ensemble des systèmes. Le nombre de résidus, le niveau de concentration par rapport à leur LMR (Limite Maximale Résidus) et la somme des % de LMR sont comparés entre les systèmes testés.
- **Le chiffre d'affaires ou produit brut.** Il est calculé en concertation avec le réseau DEPHY FERME sur la base d'un prix forfaitaire de 0,35 €/kg pour le rendement commercialisable en production raisonnée ou dite de Base et de 0,7 €/kg pour le rendement commercialisable en production AB. La part « industrie » n'est valorisée que pour l'AB à hauteur de 0,25 €/kg. Le rendement commercialisable répond à des critères de calibre, couleur et qualité définis par variété.
- **Les charges intrants phytosanitaires.** Il s'agit du coût des produits phytosanitaires chimique et de biocontrôle.
- **Les charges de structure.** Elles prennent en compte l'amortissement du filet Alt'Carpo et filet paragrêle (10 ans) et de la bâche anti-pluie (6 ans).
- **Les charges de mécanisation.** Ces charges correspondent aux coûts liés à l'amortissement technique du matériel, à l'entretien du matériel et à la consommation de carburant.
- **Les charges de main d'œuvre.** Elles sont calculées pour l'ensemble des opérations culturales et mécanisées réalisées sur une année donnée. Un coût horaire forfaitaire de 16 €/h a été pris.

3. Les résultats sur cinq campagnes de production

Le projet est conduit sur une durée de 6 ans, mais compte tenu du gel survenu en 2012, le bilan est établi sur 5 campagnes de production, à savoir de 2013 à 2017. Pour les jeunes vergers (c'est à dire le système en AB à SudExpé, les trois systèmes à La Pugère, le système Rosy Glow_{cov} à La Morinière), le rendement est comptabilisé à partir de la troisième feuille.

3.1 Valeurs moyennes des IFT chimique et de biocontrôle

Les Figures 5, 6 et 7 montrent les IFT chimique et de biocontrôle moyens obtenus entre 2013 et 2017.

Pour les systèmes de Base « variétés sensibles » (Figure 5), les IFT chimique varient entre 25 et 38 et les fongicides représentent les deux tiers de l'IFT. Ces valeurs reflètent bien les pratiques régionales même si l'IFT des systèmes Base est souvent légèrement inférieur aux IFT régionaux.

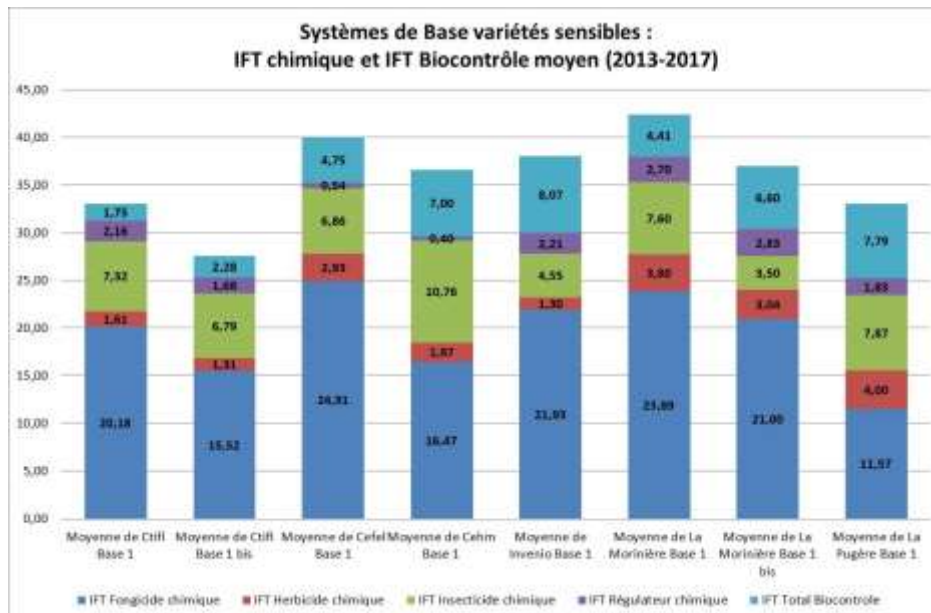


Figure 4 : IFT chimique et IFT biocontrôle moyen pour les systèmes de Base variétés sensibles

Pour les systèmes Ecophyto « variétés sensibles » (Figure 6) les différences d'IFT chimique entre systèmes sont beaucoup plus marquées, en relation directe avec les leviers de réduction d'emploi des produits phytosanitaires mis en œuvre, par exemple :

- IFT chimique total de 8.9 pour les systèmes adaptant les doses (La Pugère Ecophyto 1, variétés Golden) ;
- IFT chimique total de 9 et 14 pour les systèmes bâchés (Ctfl Ecophyto 1 et La Morinière Ecophyto 1 et 1bis).

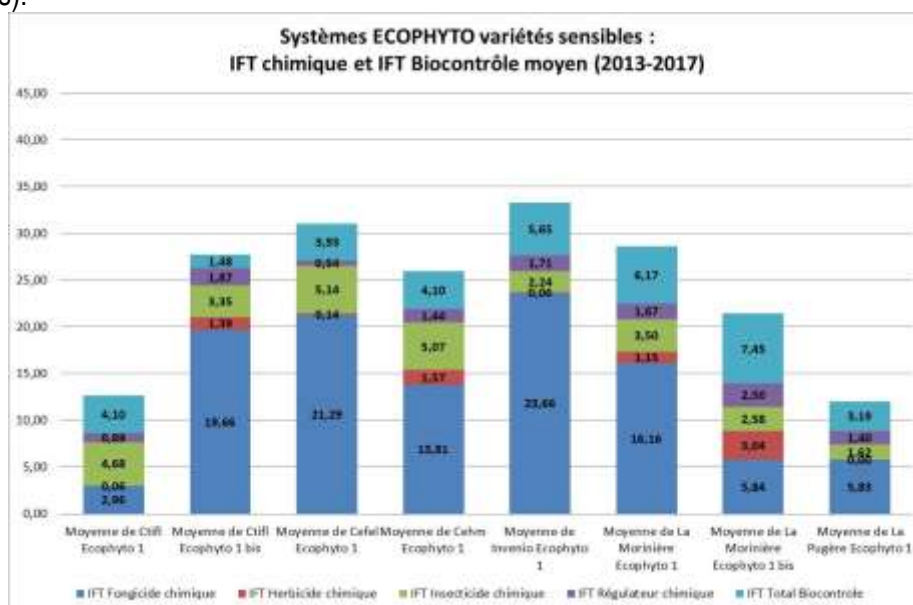


Figure 5 : IFT chimique et IFT biocontrôle moyen pour les systèmes Ecophyto variétés sensibles

Pour les systèmes « variétés résistantes » (Figure 7), les différences d'IFT chimique sont également marquées en fonction des leviers mobilisés, du type d'itinéraire (AB ou non) mais également en fonction du contournement ou pas de la résistance variétale :

- IFT chimique de 2 pour les systèmes AB « variétés résistantes » (SudExpé AB sans contournement de la résistance) et 13.7 (La Morinière AB en contournement) ;
- IFT chimique de 4 pour les systèmes avec adaptation des doses (La Pugère Ecophyto 2) ;
- IFT chimique de 18 à 23 pour les systèmes de Base (à l'exception de la Base 2 de La Morinière traitée comme une variété sensible).

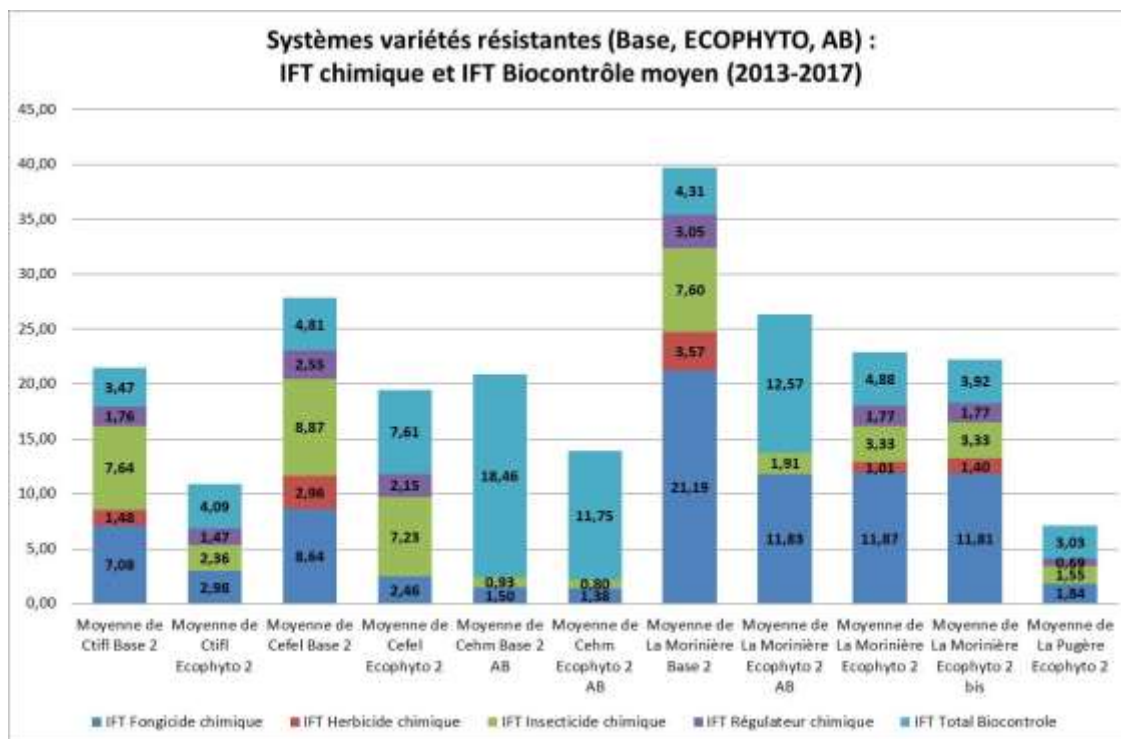


Figure 6 : IFT chimique et IFT biocontrôle moyen pour les variétés résistantes (systèmes de Base, Ecophyto et AB)

En moyenne sur les cinq ans, l'emploi des produits de biocontrôle entre les différents systèmes (Base, Ecophyto, variétés sensibles et résistantes) est peu différent, allant d'un IFT Biocontrôle de 1 à 8. Seuls les systèmes en AB ont des IFT biocontrôle entre 11.8 et 18.5.

3.2 Réduction de l'IFT chimique total

La réduction d'emploi des produits phytosanitaires est mesurée avec l'indicateur « IFT chimique » en comparant les modalités Base 2, Ecophyto 1 et 2 à la modalité dite de référence du site, c.-à-d. le système de Base 1 variété sensible.

Ainsi sur la moyenne des 5 années du projet, douze systèmes ont atteint un pourcentage de réduction de plus de 50 %, ce qui correspond aux objectifs du plan Ecophyto. Deux systèmes se situent entre 30 et 40 % et quatre sont à un niveau inférieur à 30 % (Figure 8). Pour rappel : le système La Morinière Base 2 a été traité comme une Base sensible.

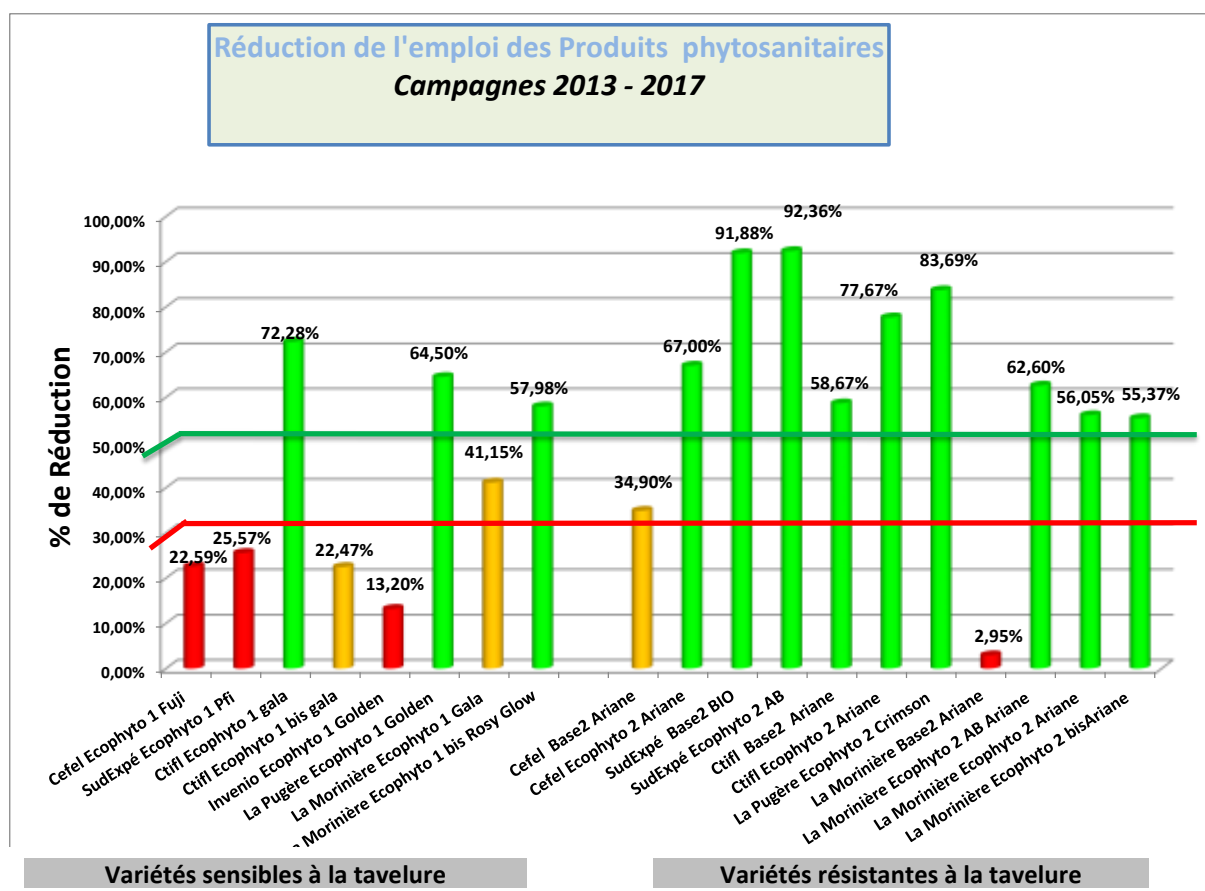


Figure 7 : Pourcentage de réduction moyen de l'IFT chimique total par rapport au système de Base variété sensible de chaque site correspondant (sur les campagnes 2013 à 2017).

3.3 Quel levier pour quel niveau de réduction ?

Les Figures 9 et 10 décrivent les niveaux de réduction d'emploi des produits phytosanitaires obtenus en fonction des leviers mobilisés, des stratégies de gestion mises en œuvre, et du type de variétés (résistantes ou sensibles).

% de réduction / système de base variété sensible	Max. 35 %	Entre 55 et 65 %	Supérieur à 75 %
Variétés résistantes tavelure	Traitements tavelure réalisés en même temps que les autres traitements (insecticides, éclaircissants). Choix des produits : tout type de fongicide. Pression carpocapse importante : Stratégie majoritairement insecticides chimiques en complément de la confusion sexuelle.	Levier génétique + raisonnement sur contaminations primaires et secondaires + fongicides biocontrôle . - Pression carpocapse importante : Alt'Carpo <u>et</u> confusion sexuelle + insecticides chimiques <u>et</u> biocontrôle ou - Pression carpocapse faible : Alt'Carpo <u>ou</u> confusion sexuelle + insecticides de biocontrôle.	-Levier génétique et production en AB + confusion sexuelle <u>ou</u> filet Alt'Carpo + insecticides de biocontrôle. ou -Levier génétique et adaptation des doses + filet Alt'Carpo et compléments insecticides restreint. ou -Levier génétique + filet Alt'Carpo, mais absence de pression carpocapse. Choix des fongicides : produits classés biocontrôle

Figure 8 : Niveaux de réduction des IFT chimiques totaux obtenus dans le cas des variétés résistantes tavelure

% de réduction / système de base variété sensible	Max. 25 %	autour de 40 %	Supérieur à 58 %
Variétés sensibles tavelure	Pas ou très peu de diminution possible du nombre de traitements fongicides. Pas de raisonnement possible contre les pucerons cendrés Filet Alt'Carpo + insecticides chimique ou biocontrôle sur la G1 (première Génération), voire la G3 (troisième génération)	-Raisonnement possible sur les contaminations primaires et secondaires + fongicides biocontrôle -Pression carpocapse faible : Confusion sexuelle + insecticides biocontrôle. - Raisonnement possible contre le puceron cendré	-Bâche anti-pluie et confusion sexuelle + insecticides chimiques et biocontrôle. ou -Bâche anti-pluie et filet Alt'Carpo et complément insecticides restreint (faible pression carpocapse). ou -Adaptation des doses et filet Alt'Carpo sans complément possible. - Raisonnement possible contre le puceron cendré

Figure 9 : Niveaux de réduction des IFT chimiques totaux obtenus dans le cas des variétés sensibles tavelure.

3.4 Classement SCEP sur 5 ans

En parallèle de la démarche suivie sur le réseau DEPHY FERME, nous avons cherché à caractériser les différents systèmes selon leurs performances sur le plan de la réduction des produits phytosanitaires (IFT chimique) et sur le plan économique (chiffre d'affaire forfaitaire). Les systèmes de culture considérés comme « économes » et « performants » (SCEP) étant ceux qui allient de faibles IFT et de bons chiffres d'affaire (CA) (le calcul de la marge n'étant pas réalisé pour l'instant sur les réseaux DEPHY FERME) :

- Les systèmes considérés comme très économes et très performants (**SCEP 1**) sont ceux qui ont des IFT < 26,7 et un CA > 20 212 €/ha (respectivement premier et dernier quantile des IFT et des CA des systèmes pomme PFI (Production fruitière intégrée) DEPHY FERME lors des « points zéro », c.-à-d. à la mise en place du réseau DEPHY FERME) ;
- Les systèmes considérés comme économes et performants (**SCEP 2**) se trouvent dans la situation où l'IFT < 34,8 et le CA > 16 020 €/ha (médianes des IFT et des CA des systèmes pomme PFI DEPHY Ferme lors des « points zéro »).

Sur la moyenne des cinq années du projet, 11 systèmes sur 27 sont classés SCEP 2. A noter qu'aucun des systèmes du réseau national EXPE Ecophyto Pomme n'a atteint le chiffre d'affaires moyen d'un SCEP 1. La Figure 11 positionne l'ensemble des systèmes en fonction de leur IFT chimique total et du chiffre d'affaires.

Parmi les SCEP 2, il y a 4 systèmes de Base variétés sensibles (Base 1), 4 systèmes Ecophyto variétés sensibles (Ecophyto 1) et 3 systèmes AB.

Trois zones se dégagent du nuage de points :

- **Le groupe des « systèmes de Base 1 »** avec des IFT chimique totaux allant de 25 à 38, et des chiffres d'affaires entre 15.000 et 20.000 €/ha. Ces systèmes se retrouvent logiquement proches de la médiane des systèmes DEPHY FERME.
- **Le groupe des « systèmes variétés résistantes »** (Base 2 et Ecophyto 2). Dans ce cas, les IFT chimique totaux sont plus faibles (entre 4 et 18), mais les chiffres d'affaires n'atteignent pas les 12.000 €/ha à cause de rendement souvent trop faibles. *A noter une exception, un système de Base 2 traité comme une variété sensible qui se retrouve avec les le groupe des « Base 1 ».*

- Le **groupe des « systèmes AB »**, avec des IFT chimique totaux de 2 (à l'exception d'un système AB en situation de contournement de la résistance) et des chiffres d'affaires entre 15.000 et 20.000 €/ha.

Le reste des points constitue les huit systèmes Ecophyto 1 (variétés sensibles) qui présentent la plus grande dispersion des points, tant au niveau des IFT chimique totaux, que des chiffres d'affaires, ce qui reflète la diversité des leviers mis en œuvre.

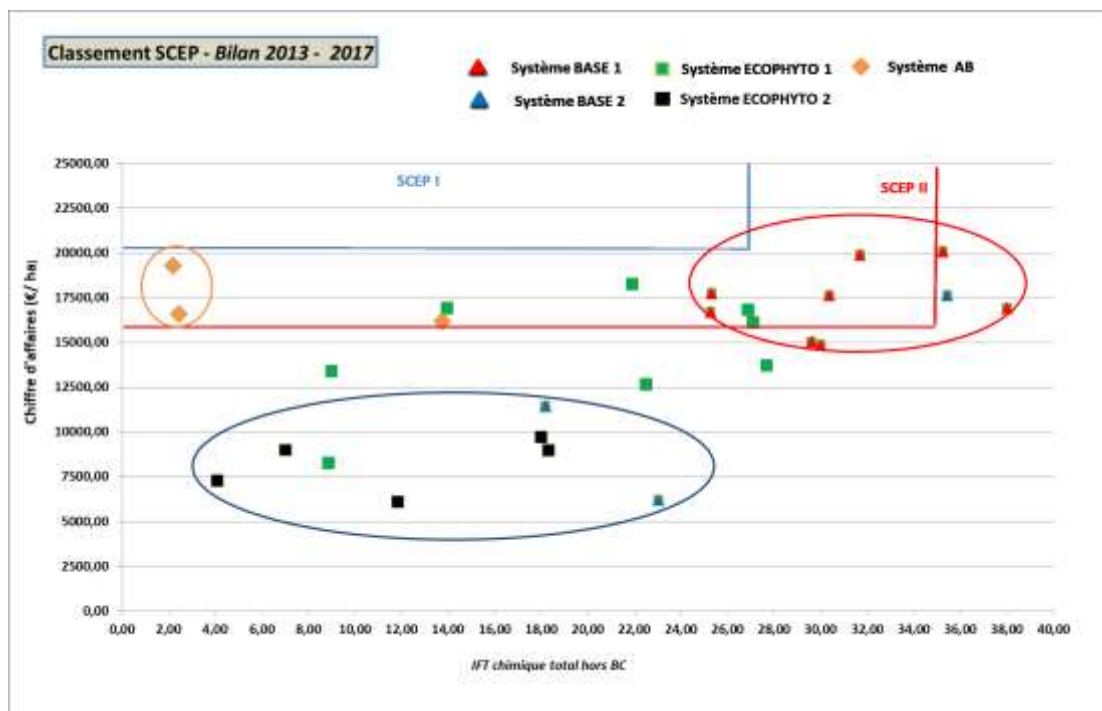


Figure 10 : Classement des systèmes du réseau national EXPE Ecophyto Pomme en fonction de l'IFT chimique total et du chiffre d'affaires (1 = variétés sensibles ; 2 = variétés résistantes ; BC = biocontrôle)

Les leviers mobilisés par les systèmes SCEP 2 Ecophyto ou AB sont : la gestion de la tavelure sur les contaminations secondaires, la substitution de quelques traitements anti-tavelure « chimiques » par des soufre, la bâche anti-pluie complétée par des traitements au soufre, le filet Alt'Carpo ou la confusion sexuelle en cas de pression carpocapse faible, la substitution d'un certain nombre d'insecticides chimique par des insecticides biocontrôle, le désherbage mécanique.

3.5 Maîtrise sanitaire et classement SCEP

Pour l'indicateur « état sanitaire », sont pris en compte les niveaux d'attaque des bio-agresseurs listés dans la Figure 12 et les règles de décision suivantes :

- Maîtrise non satisfaisante = un seuil est dépassé sur les fruits pour au moins un bio-agresseur qu'il y ait, ou pas, des bio-agresseurs sur pousses.
- Maîtrise satisfaisante = aucun seuil n'est dépassé sur les fruits, mais un seuil est dépassé sur pousses pour au moins un bio-agresseur.
- Maîtrise très satisfaisante = aucun bio-agresseur n'est présent sur le verger ou aucun seuil n'est dépassé sur fruits ni sur pousses.

Types de symptômes	Seuils (%)
Fruits tavelés (%)	2
Pousses tavelées (%)	20
Fruits touchés par carpo/tordeuses (%)	2
Pousses touchées par pucerons cendrés (%)	15
Pousses touchées par pucerons lanigères (%)	30
Pousses oïdiées (%)	20

Figure 11 : Seuils fixés pour évaluer l'état sanitaire des systèmes du réseau national EXPE Ecophyto Pomme.

Selon les conditions climatiques des cinq campagnes, les résultats des stratégies de protection mises en œuvre ont donné plus ou moins de satisfaction. La Figure 13 montre qu'un même système n'apporte pas chaque année le même niveau de maîtrise sanitaire et n'atteint pas chaque campagne le même classement « SCEP ».

3.5.1 Exemples de systèmes à maîtrise sanitaire variable d'une campagne à une autre

- Le système SudExpé Ecophyto 1 Granny était très satisfaisant la première année, un peu moins satisfaisant en 2014 et 2015 dû à la présence d'oïdium sur pousses et non satisfaisant les deux dernières années à cause de la tavelure sur les fruits. Par contre, 4 années sur 5, ses IFT chimique totaux et chiffres d'affaires annuels le classent en SCEP.
- Le système Ctifl Ecophyto 2 Ariane_{cov} a atteint deux années très satisfaisantes (en 2015 et 2017), par contre les maîtrises sanitaires ont été moins bonnes par la forte présence du puceron cendré conséquence de la lutte biologique en 2013, et avec des attaques de tordeuses sous filet Alt'Carpo (en 2014 et 2016). De plus, ce système, de par son faible niveau de rendement, n'a jamais été classé SCEP.

3.5.2 Exemples de systèmes à maîtrise sanitaire similaire d'une campagne à une autre

- Le système Cefel Base 2 Ariane_{cov}. Avec une très forte pression carpocapse, la maîtrise de ce bio-agresseur n'a pas été satisfaisante pour les cinq campagnes d'étude.
- Le système Invenio Base 1 Golden qui n'a pas rencontré de problèmes particuliers entre 2013 et 2017.

Dans les deux cas, chaque système a été classé une seule fois SCEP.

SITE	SYSTÈME	MAITRISE SANITAIRE					CLASSEMENT SCEP				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
CEFEL	Base1 Fuji	très satisfaisante	non satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante					SCEP 2
	Base 2 Ariane	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante		SCEP 2			
	Ecophyto 1 Fuji	non satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante	SCEP 2				SCEP 1
	Ecophyto 2 Ariane	très satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante					
SudExpé	Base 1 Granny	satisfaisante	satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	SCEP 2	SCEP 2	SCEP 2		
	Base 2 AB opal	satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante			SCEP 1	SCEP 1	SCEP 2
	Ecophyto 1 Granny	très satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	SCEP 2	SCEP 2	SCEP 1		SCEP 1
	Ecophyto 2 AB Opal	satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante			SCEP 1	SCEP 1	SCEP 2
CTIFL	Base 1 Gala	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	satisfaisante			SCEP 2		SCEP 1
	Base 1 bis Gala	Sdc absent	Sdc absent	Sdc absent	non satisfaisante	satisfaisante					SCEP 1
	Base 2 Ariane	très satisfaisante	non satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	SCEP 1			SCEP 2	
	Ecophyto 1 Gala	très satisfaisante	très satisfaisante	satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante			SCEP 2		
	Ecophyto 1 bis Gala	non satisfaisante	très satisfaisante	Sdc absent	non satisfaisante	non satisfaisante					
INVENIO	Ecophyto 2 Ariane	satisfaisante	non satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante	très satisfaisante					
	Base 1 Golden	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante			SCEP 2		SCEP 2
LA PUGERE	Ecophyto 1 Golden	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante		SCEP 2		SCEP 1	
	Ecophyto 2 Crimson	très satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante					
	Base 1 Gala	non satisfaisante	très satisfaisante	satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante					SCEP 2
LA MORINIERE	Base 1 bis Rosy Glow	Sdc absent	Sdc absent	Sdc absent	satisfaisante	très satisfaisante					SCEP 2
	Base 2 Ariane	très satisfaisante	non satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante	SCEP 2		SCEP 2		SCEP 2
	Ecophyto 1 Gala	très satisfaisante	très satisfaisante	satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante	SCEP 2				SCEP 1
	Ecophyto 1 bis Rosy Glow	Sdc absent	Sdc absent	Sdc absent	satisfaisante	satisfaisante					SCEP 2
	Ecophyto 2 AB Ariane	très satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante	non satisfaisante			SCEP 2		SCEP 1
	Ecophyto 2 Ariane	très satisfaisante	très satisfaisante	non satisfaisante	Sdc absent	Sdc absent					
	Ecophyto 2 bis Ariane	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	Sdc absent	Sdc absent					
	Ecophyto 2 bis Gala	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante	très satisfaisante					

Figure 12 : Maîtrise sanitaire et classement SCEP sur les campagnes 2013 à 2017 pour l'ensemble des systèmes du réseau national EXPE Ecophyto Pomme.

Globalement, la campagne 2013 présente le plus grand nombre de systèmes (15 sur 24) dont la maîtrise sanitaire a été très satisfaisante, alors que 2017 est celle avec le plus grand nombre de situations (13 sur 25) mal maîtrisées sur fruits avec de la tavelure ou du carpocapse. Par contre en termes de performance des systèmes de culture, la situation est inversée, il n'y a que 6 SCEP en 2013 et plus du double (14) SCEP en 2017 dû aux rendements plus élevés. Sur ces 14 systèmes classés SCEP, cinq ont eu une maîtrise sanitaire satisfaisante à très satisfaisante avec la mise en œuvre de trois leviers : résistance génétique, conduite en AB et bâches anti-pluie. A noter aussi, que trois des systèmes SCEP en 2017 sont des systèmes de Base (de référence).

D'autre part, sur l'ensemble des cinq années d'étude, 7 systèmes n'ont jamais été classés SCEP.

3.6 Les charges et produits bruts

Compte tenu de la diversité des systèmes du réseau national EXPE Ecophyto Pomme, l'analyse des charges est réalisée site par site. Les Figures 14 à 19 permettent de comparer la somme des charges totales (charges intrants phytosanitaires, charges de structure pour la protection du verger, charges mécanisation, charges main d'œuvre) et le produit brut (calculé selon les critères DEPHY Ecophyto FERME en ne valorisant la part « industrie » que pour les systèmes en AB).

Ainsi sur 27 systèmes, 8 systèmes ont un produit brut supérieur aux charges et 4 systèmes ont un produit brut du même ordre de grandeur que les charges. Il s'agit des 6 systèmes de « Base » variété sensible de chaque site, à l'exception de celui de La Morinière, et de 6 systèmes « Ecophyto ou AB ».

Les stratégies qui ont été mises en œuvre dans les systèmes « Ecophyto ou AB » et qui ont conduit à des charges globales inférieures ou égales au produit brut sont :

- La combinaison des traitements appliqués par pulvérisation sur frondaison et du filet Alt'Carpo avec une faible pression carpocapse (Ctifl système Ecophyto 1bis) ;
- La réduction du nombre de fongicides anti-tavelure en fonction des risques et de la présence de symptômes ainsi que le filet Alt'Carpo (SudExpé système Ecophyto 1) ;
- L'adaptation des doses et volumes de bouillie, le désherbage mécanique et une densité de plantation moins intensive de 800 arbres/ha (La Pugère système Ecophyto 2) ;
- La conduite en AB d'une variété résistante avec de la confusion sexuelle ou un filet Alt'Carpo (SudExpé systèmes Base 2 AB et Ecophyto 2 AB ; La Morinière système Ecophyto 2 AB).

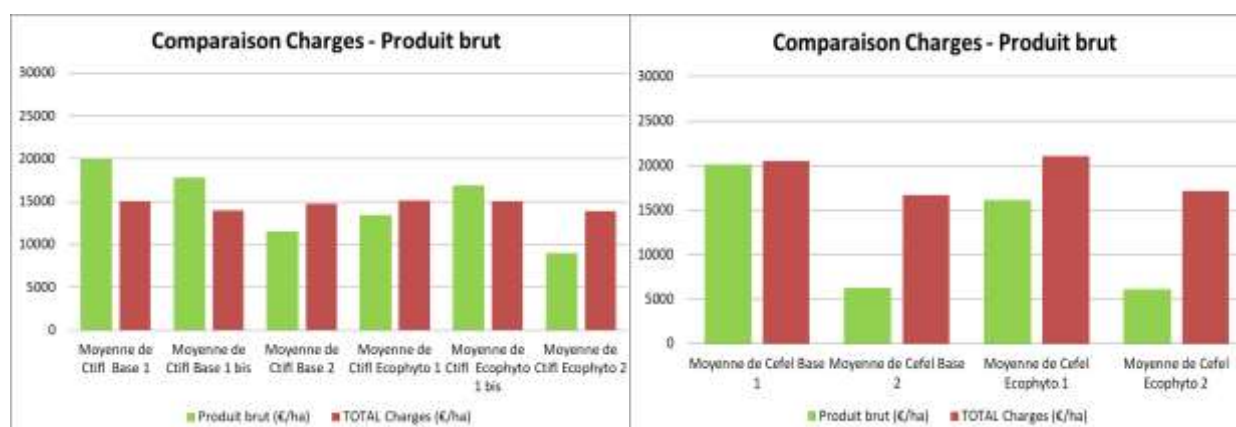


Figure 13 : Comparaison coût des charges et produit brut - Systèmes du site Ctifl

Figure 14 : Comparaison coût des charges et produit brut - Systèmes du site Cefel

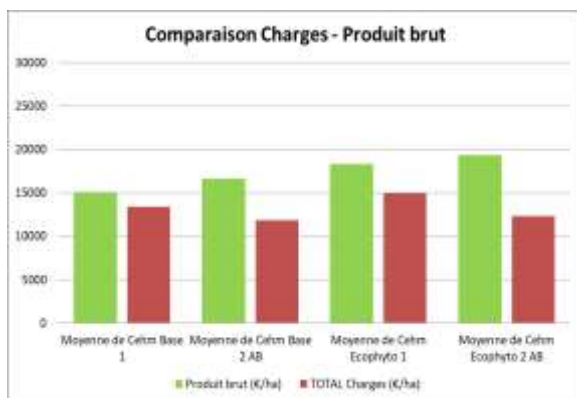


Figure 15 : Comparaison coût des charges et produit brut - Systèmes du site SudExpé (Cehm)

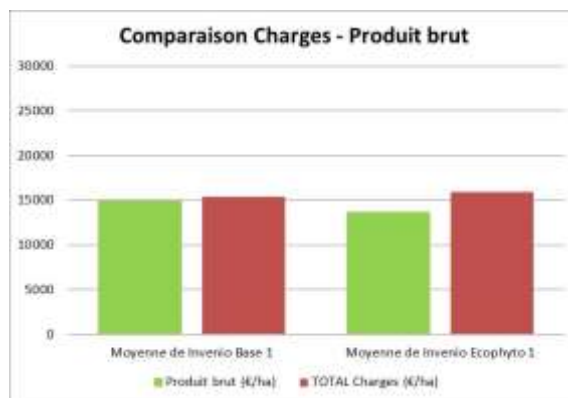


Figure 16 : Comparaison coût des charges et produit brut - Systèmes du site Invenio

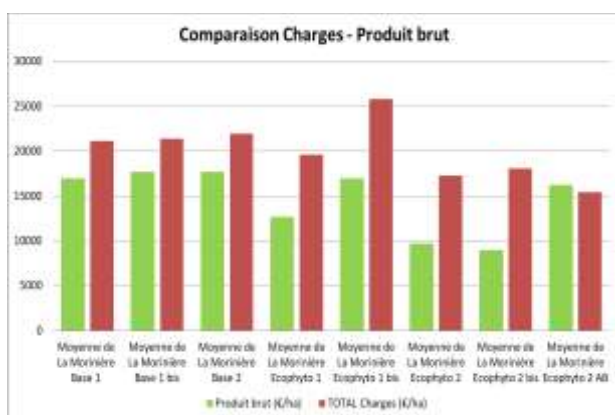


Figure 17 : Comparaison coût des charges et produit brut - Systèmes du site La Morinière

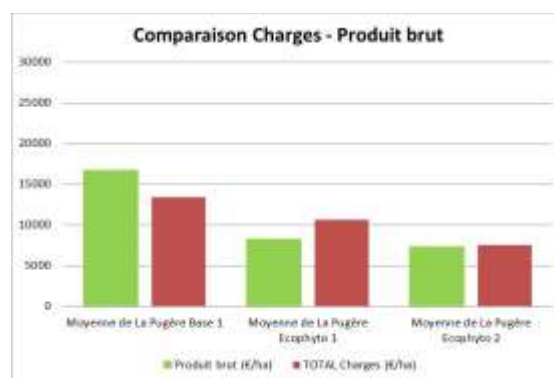


Figure 18 : Comparaison coût des charges et produit brut - Systèmes du site La Pugère

3.7 Les résidus sur fruits

Quand des résidus sont détectés, leur nombre est moindre dans les systèmes « Ecophyto » que dans les systèmes « Base » et il ne dépasse pas les 4, à l'exception de deux cas sur les 5 ans. Leur concentration est également très faible, inférieure à 10 % des LMR respectives. A l'exception d'un système Ecophyto, toutes les analyses sont conformes aux cahiers des charges de certaines distributions qui ne tolèrent pas une somme des pourcentages de LMR supérieure à 30 %.

Pour les systèmes « Base », on constate au fil des cinq années d'étude une légère augmentation du nombre de résidus détectés (jusqu'à 8 dans un lot donné) avec un ou deux cas par an de sommes de pourcentage de LMR supérieures à 30 %. Les concentrations individuelles restent inférieures à 10 % des LMR comme pour les systèmes Ecophyto.

Selon les années, entre 1 et 5 systèmes présentent zéro résidu détecté. Dans ce cas, il s'agit :

- Des systèmes AB, mais le cuivre n'a pas toujours été recherché dans les analyses multi-résidus ;
- De systèmes Ecophyto avec des variétés résistantes en situation de faible pression carpocapse gérée par de la confusion sexuelle ou du Alt'Carpo et qui n'ont pas été traités contre les maladies de conservation ;
- Du système Gala bâché combiné avec du Alt'Carpo ;
- Des systèmes conduits en adaptant la dose au volume du végétal traité et non traité pour les maladies de conservation.

4. Les enseignements sur les leviers mobilisés

4.1 Les modèles de prévision de risque de la tavelure et l'observation au verger

L'expérience du réseau national EXPE Ecophyto Pomme a montré que sur les contaminations primaires il n'a pas été possible d'arrêter les traitements à 90-95 % du projeté annoncé par le modèle, ni de couvrir les dernières projections (à partir de 80-85 %) avec des produits de biocontrôle positionnés en stop.

Sur les variétés sensibles à la tavelure, la protection fongique a dû rester préventive du débourrement jusqu'à la fin des projections primaires.

La réduction des traitements contre la tavelure n'a été possible que de deux manières :

- Par substitution des fongicides « chimiques » classiques avec des fongicides de biocontrôle (le soufre et le bicarbonate de potassium) en traitement préventif et sur des pics de projections faibles à moyens, voire en curatif avec une bouillie sulfo-calciq (AMM dérogatoire 120 jours) ou du cuivre à faible dose ;
- Sur les contaminations secondaires en augmentant les seuils d'intervention à 5 % de pousses attaquées fin juin, 10 % fin juillet et 15 % fin août.

4.2 Les variétés résistantes tavelure

Le levier génétique est un moyen pour réduire l'emploi des fongicides de synthèse, tout en maintenant une protection contre l'oïdium à base de soufre. Cependant, ces variétés ne sont pas à l'abri d'une situation de contournement de la résistance (observé sur un SdC en AB dans le projet) et doivent trouver un développement commercial sur le marché national international.

4.3 Les bâches anti-pluie

Les travaux avec les bâches anti-pluie ont démarré sur le site du Ctifl Centre de Lanxade en 2010 sur la variété Mariri Red® (Braeburn) et ensuite sur Brookfield® (Gala). Dans ces conditions, la tavelure a pu être maîtrisée tant sur pousses et sur les fruits. Mais la barrière physique n'est pas hermétique. Le vent peut soulever les bâches et projeter la pluie latéralement. Des contaminations sont ainsi possibles. Une surveillance du verger est obligatoire pour suivre l'apparition de taches de tavelure, et intervenir si nécessaire contre l'oïdium ou les maladies de la suie et des crottes de mouche. Ainsi l'effet de la bâche est complété par des traitements au soufre.

Les expérimentations conduites à La Morinière avec la variété Rosy Glow_{cov} montrent également une protection possible contre les gloeosporioses.

Les travaux se poursuivent sur le dispositif proprement dit (nature de la bâche, montage, résistance aux intempéries, coût) et la conduite des arbres (vigueur des arbres, charge, gestion de l'irrigation) pour assurer le rendement et la qualité des fruits et pérenniser l'utilisation de ce levier dans les systèmes.

4.4 Le biocontrôle et les filets Alt'Carpo contre le carpocapse et les tordeuses

En verger de pommier, les insecticides visant les lépidoptères représentent la majorité de l'IFT total insecticides et le pourcentage de réduction des insecticides « chimiques » potentiel est fortement lié à « l'historique carpocapse » du verger.

Dans le cas du réseau national EXPE Ecophyto Pomme, le virus de la granulose et le *Bacillus thuringiensis* sont venus en complément de l'action du filet Alt'Carpo ou de la confusion sexuelle. Ces

combinaisons de leviers ont conduit à une réduction de l'IFT insecticide de 40 et 55 %, dans le cas de pressions de lépidoptères faibles à moyennes. En présence d'une forte population de carpocapse, le pourcentage de réduction ne dépasse pas les 20 %.

Ces stratégies de protection requièrent des contrôles réguliers de l'état sanitaire des fruits pour déclencher des traitements spécifiques si nécessaire.

Le filet Alt'Carpo a fait ses preuves depuis une quinzaine d'années. A l'échelle du réseau, il est installé uniquement en mono-parcelle, c'est-à-dire en entourant un ensemble d'arbres qui sont couverts par un filet paragrêle. Dans ce type de configuration, sans complément, la réduction de l'IFT insecticides peut atteindre les 75 % quand la pression carpocapse est faible. A noter, que le filet Alt'Carpo semble dans certains sites avoir une incidence sur le développement du puceron lanigère. Aussi, les tordeuses orientales ou d'autres tordeuses des fruits arrivent à passer à travers les mailles ou sont déjà présentes à la fermeture et peuvent provoquer des dégâts. De plus, pour des questions de pollinisation, la fermeture du filet Alt'Carpo est généralement réalisée après la floraison. Comme pour toutes les techniques, l'observation du verger reste la clé de la réussite de sa protection. Pour le système de SudExpé, l'effet du filet Alt'Carpo en AB (Opal) semble avoir atteint ses limites de protection après 6 années d'implantation du verger.

D'autres ravageurs comme les punaises, les tordeuses dans le Val de Loire ou la zeuzère ont nécessité des interventions spécifiques supplémentaires.

4.5 Les lâchers d'auxiliaires et l'aménagement de l'environnement du verger

Après trois saisons d'introduction de chrysopes et de syrphes pour contrôler le puceron cendré dans un verger fermé par un filet Alt'Carpo sur le site du Ctifl Centre de Lanxade, la conclusion est que les auxiliaires ne suffisent pas et que ce levier est complexe et cher à mettre en œuvre. La réussite de la lutte biologique dépend de nombreux facteurs :

- Les conditions climatiques pour favoriser l'installation des auxiliaires ;
- La concordance entre la période d'introduction des auxiliaires et la dynamique des pucerons cendrés ;
- Le bon équilibre entre les populations d'auxiliaires et celles des ravageurs ;
- L'incidence du programme de traitement général sur le maintien des auxiliaires ;
- La viabilité des insectes produits en conditions d'élevage et relâchés dans la « nature ».

Quant à l'installation d'aménagements agro-écologiques aux abords des vergers ou dans les parcelles comme les bandes fleuries, les arbustes attractifs en tête des rangs, ou des haies composites, il est difficile d'en juger l'impact sur la présence d'auxiliaires indigènes et sur leur prédation. Il en est de même pour les gîtes à chauve-souris et mésanges placés dans les haies.

4.6 Les stratégies contre le puceron cendré

Dans les situations à faible pression, un gain d'un traitement après fleur est possible, mais une surveillance accrue du verger est nécessaire, les dégâts dus aux pucerons cendrés pouvant être économiquement préjudiciables. En 2017, les systèmes Ecophyto du réseau national EXPE Ecophyto Pomme ont mis l'accent sur la substitution des néonicotinoïdes avec l'emploi en sortie d'hiver d'une huile seule ou associée avec des pyréthriinoïdes, et en pré ou/et postfloral de la flonicamide ou de l'azadirachtine (AMM dérogatoire de 120 jours en 2017). Tous ont maîtrisé les populations en dessous du seuil de 15 % de pousses touchées en juin. Par contre, dans le verger conduit en AB à La Morinière, une application d'huile, suivie de deux traitements à base d'azadirachtine n'ont pas suffi à maintenir la pression des pucerons cendrés qui est historiquement forte dans ce verger.

4.7 Le désherbage mécanique

Les herbicides ne représentent qu'une très faible part de l'IFT global, mais compte tenu que la gamme de produits chimiques est de plus en plus restreinte et que la demande sociétale de développer des initiatives respectueuses de l'environnement de plus en plus forte, le réseau national EXPE Ecophyto Pomme a travaillé le désherbage mécanique.

Les IFT herbicides dans les modalités « Base » se situent entre 0,5 et 2,5. Ces applications sont remplacées ou complétées selon les systèmes ECOPHYTO / AB par des passages d'outils. Dans le réseau national pomme, sept différents outils mécaniques sont testés : l'Herbanet, l'Arbocep, l'Intercepts Belhomme, l'Intercepts Pellenc, le porte outil Cucchi, l'Intercepts NaturaGriff et le Guidalex de Souslikoff, ainsi que le désherbage thermique. Chaque outil a ses points forts et faibles. Ainsi, le nombre de passages moyen se situe entre 2 et 12 selon les sites, le type de conduite (AB ou non), les conditions climatiques (favorables ou non aux adventices). Le pourcentage de réduction d'emploi des herbicides peut atteindre les 100 %.

Dans les systèmes « Base » désherbés chimiquement, le taux de salissement des systèmes est dans l'ensemble correct, ne dépassant pas les 20 % à la récolte. Par contre, pour les systèmes désherbés mécaniquement les taux de salissement se situent entre 40 et 70 %, avec des vergers où trois passages ne suffisent pas à maîtriser une flore (100 % de taux de salissement). L'apport complémentaire du thermique au mécanique n'a pu être observé qu'une année.

Ce sont des techniques qui peuvent se substituer complètement ou partiellement aux traitements herbicides « classiques », mais plusieurs freins sont à prendre en compte :

- Un temps et nombre d'interventions plus élevé que le désherbage chimique, un coût d'investissement pour le matériel plus élevé,
- La difficulté technique d'atteindre les adventices proches des troncs d'arbres et en présence de branches basses avec un risque de chute de fruits accru,
- L'irrigation qui favorise la repousse des adventices,
- L'incidence sur le rendement et le calibre en cas de blessures des racines superficielles des arbres,
- La plus grande fragilité des jeunes plantations aux outils mécaniques.

Le désherbage mécanique demande avant tout de la réactivité et de la disponibilité pour intervenir au bon moment sous peine de voir la situation devenir trop difficile par la présence d'adventices trop robustes pour pouvoir être détruites.

De plus, le « ressenti » sur la réussite d'un programme d'entretien du sol est très variable et dépend des objectifs que l'on se fixe à la parcelle, qui peuvent être d'ordre agronomique (pour ne pas pénaliser la croissance et la production des arbres, ou ne pas favoriser les campagnols), technique (pour ne pas gêner le travail manuel dans le verger) et « esthétique » (l'image d'un verger « propre »).

4.8 L'adaptation des doses et volumes de bouillie

Travaillé sur le site de La Pugère dès l'installation d'un nouveau verger de Golden et Crimson Crisp®Coop 39_{cov} en 2010, les stratégies appliquées ont permis de réguler les pressions des bio-agresseurs sur les 5 ans. En 2016, la tavelure s'est développée sur un tiers des pousses du verger Ecophyto 1, mais la raison est plus un problème de calendrier de traitement que de dose, compte tenu que dans la modalité de Base le niveau d'attaque était même supérieur (50 % des pousses). Par contre, la réduction du nombre de traitements couplée à l'adaptation des doses a favorisé le développement de l'oïdium depuis la campagne 2016.

Cette approche fait l'objet d'un autre projet, dénommé Pulv'Arbo (2015-2020), qui étudie la qualité de la pulvérisation, l'adaptation de la pulvérisation au végétal, et la réduction de la dérive.

4.9 La pulvérisation par aspersion sur frondaison

Sur le site du Ctifl, avec un prototype muni de micro-asperseurs, la technique a conduit à des résultats encourageants, même si des symptômes sur fruits ont été observés (Figure 20). Par contre, l'apport de la bouillie sulfocalcique (BSC) par sprinkler, mais aussi avec l'atomiseur classique, n'ont pas donné satisfaction. La Figure 20 décrit les systèmes de pulvérisation étudiés, les niveaux d'efficacité obtenus vis-à-vis de la tavelure et les difficultés techniques.

Système	Description	Niveau d'efficacité biologique	Contraintes
Pulvérisation fixe par micro-aspersion sur frondaison	Application de l'ensemble des traitements phytosanitaires par micro-aspersion (35 l/h) sur frondaison. Prototype monté avec du matériel classique d'irrigation et une pompe Dosatron. 4 campagnes d'étude (2013, 2014, 2016 et 2017). Comparaison avec l'atomiseur classique.	2013 : 3 % des fruits tavelés contre 1 % dans la Base. 2014 : moins de 1 % dans les deux modalités. 2016 : en moyenne 2,5 % de fruits tavelés dans les deux systèmes, avec un développement plus important sur pousses dans la modalité sous frondaison (19 % contre 6 %). 2017 : introduction de la bouillie sulfocalcique (AMM dérogatoire 120 jours) en stop, 3 fongicides en moins. 5,5 % de fruits tavelés contre 1 % dans la Base, mais un problème technique est survenu au cours de la saison.	- Techniques : verrous technologiques (volumes morts, gel, qualité d'application...) qui avec ce prototype ne permettent pas d'appliquer cette technique à grande échelle. - Réglementaire : technique non homologuée.
Pulvérisation fixe par sprinkler sur frondaison	Application par des sprinklers (80 l/h) sur frondaison de la BSC (bouillie sulfocalcique, AMM dérogatoire de 120 jours) en curatif sur les périodes de contamination de la tavelure. Installation classique pour la lutte anti-gel. L'injection de la bouillie phytosanitaire dans le réseau se fait par le branchement direct du pulvérisateur sur la canalisation. Deux campagnes d'étude : 2013 et 2014. Comparaison avec l'atomiseur classique.	En 2013, la BSC a été travaillée seule, en 2014 suite aux mauvais résultats elle a été intégrée dans le programme « classique » de fongicides. Que ce soit avec l'atomiseur ou le système sur frondaison, les stratégies n'ont pas donné satisfaction et les niveaux d'attaque de la tavelure n'étaient économiquement pas acceptables.	- Techniques : * fort volume d'eau nécessaire par traitement (équivalent 1000 l/ha) ; * risque de gel en début de saison ; * répartition hétérogène de la bouillie sur l'arbre et l'inter rang ; * impact sur le sol par dérive. - Réglementaire : technique non homologuée.

Figure 20 : Caractéristiques des systèmes de pulvérisation fixe sur frondaison travaillés par le réseau national EXPE Ecophyto Pomme.

Cette technique, qui permet de s'affranchir de l'utilisation d'un pulvérisateur, présente à priori plusieurs avantages : (i) le positionnement des produits au moment le plus opportun (par rapport à l'infection ou au cycle du bio-agresseur visé, ou après une pluie lorsque le sol ne permet pas le passage du tracteur, ou très tôt ou très tard dans la journée pour limiter le risque sur abeilles) ; (ii) des applications à cadence répétée fréquemment (ce qui pourrait avoir un intérêt avec des substances à mode d'action stimulateur de défenses naturelles des plantes) ; (iii) la réduction de la compaction des sols ; (iv) l'économie en carburant et en main d'œuvre ; (v) la réduction des nuisances sonores ; (vi) une meilleure sécurité de l'applicateur ; (vii) la réduction de la dérive dans l'air.

Un autre projet d'étude, dénommé PulVéFix, travaille le sujet sur les campagnes 2016 à 2019. Plusieurs prototypes ont été installés pour améliorer les verrous technologiques et étudier la faisabilité à plus grande échelle. Dans ce cadre, les résultats de la campagne 2017 ont été encourageants pour l'ensemble des produits appliqués.

Conclusion et Perspectives

L'intérêt d'un dispositif d'étude national avec un réseau de systèmes localisés dans différentes régions de production de la pomme est d'avoir une image la plus représentative possible de la diversité des pratiques de la production française. Cependant, ce dispositif est aussi plus complexe à interpréter et lors de l'évaluation de l'expérimentation la tendance est de comparer les systèmes sur un site donné et non pas d'un site à un autre. C'est d'autant plus vrai que les systèmes étudiés sont une combinaison de techniques et stratégies pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires qui suivent les mêmes règles de décision, mais qui ne sont pas nécessairement répétés à l'identique d'un endroit à un autre compte tenu du contexte climatique qui influence la pression des bio-agresseurs « locale ».

D'autre part, dans le cadre d'un approche « système » se pose la question de la référence, de la modalité par rapport à laquelle le système d'étude est comparé. Pour le réseau national EXPE Ecophyto Pomme le choix a été fait d'avoir des systèmes dits de « Base » sur chacun des sites, mais pour une diffusion aux producteurs, ils devront également être comparés à des données économiques issues d'organisations de producteurs, de centres de gestion ou du travail réalisé dans le cadre des réseaux DEPHY FERME.

Sur la base de 27 systèmes suivis sur plusieurs campagnes, le projet a permis de dégager des données chiffrées sur les IFT chimique et de biocontrôle, ainsi que sur les charges de protection à l'échelle d'une surface d'expérimentation de petite taille (entre 500 et 5000 m²). Les résultats obtenus en termes de maîtrise sanitaire, de coûts, de temps de travail confirment les possibilités et limites des différentes techniques et stratégies existantes. Cela suppose aussi que pour les systèmes conduits en AB, actuellement dépendants de plusieurs dérogations (AMM 120 jours), les homologations aboutissent.

La réduction d'emploi des produits phytosanitaires et des résidus sur les fruits est possible, mais dans l'état actuel des connaissances et des variétés commerciales implantées, il semble difficile de les supprimer complètement. L'étape suivante sera d'aller plus loin dans la reconception du verger en basant la protection sur l'emploi de produits de biocontrôle et de PNPP (produits naturels peu préoccupants) à action biocide, stimulateur de défense des plantes et biostimulant, dont l'application serait optimisée par un traitement fixe par micro-aspiration sur frondaison.

Références bibliographiques

Hill S.B., MacRae R.J., 1995. Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7(1), p. 81-87.

Pillet E., 2014. Synthèse des premiers résultats à l'échelle nationale. Réseau Dephy Ferme. p.29-34.

Laget E., Guadagnini M., Plénet D., Simon S., Assié G., Billote B., Borioli P., Bourgouin B., Fratantuono M., Guérin A., Hucbourg B., Lemarquand A., Loquet B., Mercadal M., Parveaud C-E, Ramade L., Rames M-H., Ricaud V., Rousselou C., Sagnes J-L., Zavagli F. 2015. Guide pour la conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques. GIS Fruits et Ministère de l'agriculture, Paris, 264 p.

Zavagli F., 2016. Le réseau national Dephy Expé Ecophyto Pomme. Les enseignements à mi-parcours. *InfoCtifl* n°325, p. 38-44.

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).