



HAL
open science

CAP ReD : Cerisier Abricotier Pruniers - Réduction des intrants et durabilité des systèmes de production

M. Millan, Laurent Brun, T. Defert, V. Gallia, E Hostalnou, Dominique Monty, E. Koke, Vincent Lesniak, - Segard R, - Simier O, et al.

► To cite this version:

M. Millan, Laurent Brun, T. Defert, V. Gallia, E Hostalnou, et al.. CAP ReD : Cerisier Abricotier Pruniers - Réduction des intrants et durabilité des systèmes de production. Innovations Agronomiques, 2019, 76, pp.311-334. 10.15454/40xtkp . hal-02629344

HAL Id: hal-02629344

<https://hal.inrae.fr/hal-02629344v1>

Submitted on 27 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

CAP ReD : Cerisier Abricotier Pruniers-Réduction des intrants et Durabilité des systèmes de production

Millan M.¹, Brun L.², Defert T.¹, Gallia V.³, Hostalnou E.⁴, Monty D.⁵, Koké E.⁶, Lesniak V.⁷, Segard R.⁸, Simler O.⁹, Rames M-H⁵.

¹ CTIFL, Centre opérationnel de Balandran, 751 chemin de Balandran, F-30127 Bellegarde

² INRA, UE695 Recherches Intégrées Gotheron, F-26320 Saint Marcel-lès-Valence

³ SUDEXPE site St Gilles SERFEL, 517 chemin du Mas d'Asport, F-30800 Saint Gilles

⁴ Sica CENTREX, Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales, Mas Faivre, F-66440 Torreilles

⁵ INRA, Domaine de la Tour de Rance, F-47320 Bourran

⁶ CEFEL, 49 Chemin des Rives, F-82000 Montauban

⁷ La Pugère, Chemin de la Barque, F-13370 Mallemort

⁸ Arefe, Rue Arnay le Duc, F-55210 Hattonville

⁹ La Tapy, 1881 Chemin des galères, Hameau de Serres, F-84200 Carpentras

Correspondance : millan@ctifl.fr

Résumé

CAP ReD vise à concevoir et évaluer des vergers de cerisier, abricotier, prunier d'Ente, prunier américano-japonais et mirabellier, permettant de réduire l'usage des produits phytosanitaires par deux, tout en conservant les performances technico-économiques. Les expérimentations systèmes, conduites par 9 partenaires dans 10 sites de 2013 à 2018, combinent de nombreux leviers d'action (génétique, physique, biotechnique, biologique...), depuis le choix à la plantation, jusqu'à la gestion annuelle des vergers. Ainsi, 17 systèmes économes en produits phytosanitaires (ECO) sont comparés chaque année à 11 systèmes de référence (PFI). Ces systèmes ECO ont permis une réduction moyenne de 58% des IFT hors biocontrôle (5.1 vs 12.2 en PFI). L'objectif « zéro herbicide » a été atteint dans la majorité des systèmes, deux leviers ont fait leur preuve : le désherbage mécanique et la bâche tissée au sol. Le rendement commercialisable est plus faible dans ECO (-19 %), sauf dans les systèmes à haute densité ou biaxe d'arbres. Les systèmes ECO de CAP ReD nécessitent aussi plus de temps de travail pour produire une tonne de fruits. Cette perte de production et d'efficacité n'est pas compensée par une augmentation du prix de vente des fruits dans les systèmes ECO, aussi les performances économiques sont moindres. Ainsi, le coût de production des systèmes ECO est en moyenne supérieur de 20%, soit +0.15€/kg. 47% des systèmes ECO (n=8) sont classés Systèmes Economes et Performants (SCEP). Ce sont soit, i) des systèmes avec filets anti-insectes, bâche anti-pluie, réduction de dose avec pulvérisation innovante, conduits en haute densité ou biaxe, mais ayant de fortes charges d'amortissement ; soit ii) des systèmes valorisant leurs fruits en industrie, avec des coûts de production moindres (moins de déchet, récolte mécanique), utilisant des Outils d'Aide à la Décision, biocontrôles et impasses. Ces résultats montrent la faisabilité technique d'une forte réduction des produits phytosanitaires, diminuant les risques d'impacts sur l'environnement et la santé humaine, mais aussi la difficulté économique qu'engendrent ces changements de pratiques pour le producteur, sans revalorisation des prix.

Mots-clés : Cerisier, Abricotier, Prunier d'Ente, Prunier américano-japonais, Mirabellier, Réduction, produits phytosanitaires, Indicateurs de fréquence de traitement IFT, Performances technico-économiques, Expérimentation système, Zéro herbicide, Filets anti-insectes, Bâche.

Abstract: CAP ReD: cherry, apricot, plum - reduction of inputs and sustainability of production systems.

CAP ReD aims to design and evaluate cherry, apricot, Ente plum, Japanese-American plum and mirabelle plum orchards, so that the use of phytosanitary products is halved, while maintaining the technico-economic performance. System experiments, conducted by 9 partners at 10 sites from 2013 to 2018, combined many levers of action (genetics, physics, biotechnology, biology ...), and choices were made from planting the trees to the annual management of orchards. For example, 17 low-pesticide-input control systems (LPIC) were compared each year to 11 reference systems (IFP). These LPIC systems, excluding biocontrol, achieved an average reduction of 58% of IFT (5.1 / 12.2 in IFP). The goal of “zero herbicide cultivation” was achieved in the majority of systems, of which two levers proved their worth: mechanical weeding and the woven weed control ground cover. Marketable yield was lower with the LPIC systems (-19%) except in high density orchards. CAP ReD's LPIC systems also required more work time to produce one tonne of fruit. This loss of production and efficiency is not offset by an increase in the sales price in the LPIC systems, so the economic performance is lower. Thus, the costs of production with LPIC systems is on average 20% higher, i.e. + 0.15 € / kg. 47% of LPIC systems (8/17) are classified as Economical and Efficient Systems. These are either i) high-density systems with insect nets, rain covers, dose reduction with innovative spraying techniques, but with high depreciation costs; or ii) systems of which the fruit are intended for the processing industry with lower production costs (no waste, mechanical harvesting), using decision-support tools, biocontrols and reduction of certain treatments. These results show the technical feasibility of a considerable reduction of phytosanitary product use, decreasing the risks of impacts on the environment and human health, but also the economic difficulty that these changes of practice generate for the grower, without revaluating prices.

Keywords: Cherry, Apricot, Ente plum, Japanese-American plum, Mirabelle plum, Reduction, phytosanitary products, IFT, Technico-economic performance, System experiment, Zero herbicides, Insect nets, Woven weed control fabric.

Introduction

En 2017, la production française a été de 159 346 tonnes d'abricots, 40 000 tonnes de cerises et 211 000 tonnes de prunes (avec en moyenne 2/3 de prunes d'Ente et 1/3 de prunes de table). La plupart de ces espèces voit une diminution de leur surface de production depuis une dizaine d'années, du fait d'une forte concurrence commerciale. Ces trois espèces sont sensibles à de nombreux bio-agresseurs pouvant affecter le potentiel de production, la qualité de la récolte, jusqu'à des dépérissements d'arbres. Les indicateurs de fréquence de traitements en produits phytopharmaceutiques (IFT) sur ces espèces sont assez bas par rapport à ceux de la pomme ou la pêche : l'abricot, 70ième percentile de l'IFT national, se situe à 14.41 IFT en 2015, (Agreste, 2018) ; la prune à 12.53 et la cerise à 9,94 avec de forts écarts pour cette dernière (de à 6.5 à 13.3).

Le projet CAP ReD a pour objectif de concevoir, étudier et valider des systèmes de production, au sein desquels l'utilisation des produits de protection des plantes et désherbants est réduite d'au moins 50 % par rapport aux références, pour les espèces **cerisier, abricotier et pruniers** (pruniers d'Ente, américano-japonais (AJ) et mirabelliers). Il vise à tester des **modes de conduites en rupture** avec les schémas traditionnels de la Production Fruitière Intégrée.

L'objectif du projet est de :

- Concevoir et mettre en place des nouveaux systèmes de production économes en intrants adaptés aux espèces et aux différentes conditions de production.

- Analyser les performances de ces systèmes, déterminer leurs forces et leurs faiblesses.
- Optimiser au cours du projet les techniques innovantes mises en œuvre.
- Favoriser la transversalité des approches entre les espèces, en s'appuyant sur l'expertise des membres du réseau.
- Synthétiser et diffuser les résultats obtenus auprès des acteurs nationaux et régionaux, techniciens, arboriculteurs et acteurs de la protection des cultures, en particulier le réseau DEPHY FERME.

Grâce à un réseau de 9 partenaires : CTIFL (Gard), INRA (sites Gotheron-Drôme et Bourran-Lot et Garonne), SUDEXPE (Gard), Sica CENTREX (Pyrénées-Orientales), CEFEL (Tarn et Garonne), La Pugère (Bouches du Rhône), Arefe (Meuse) et la Tapy (Vaucluse), les systèmes testés sont implantés sur des **sites diversifiés et complémentaires** (Figure 1).

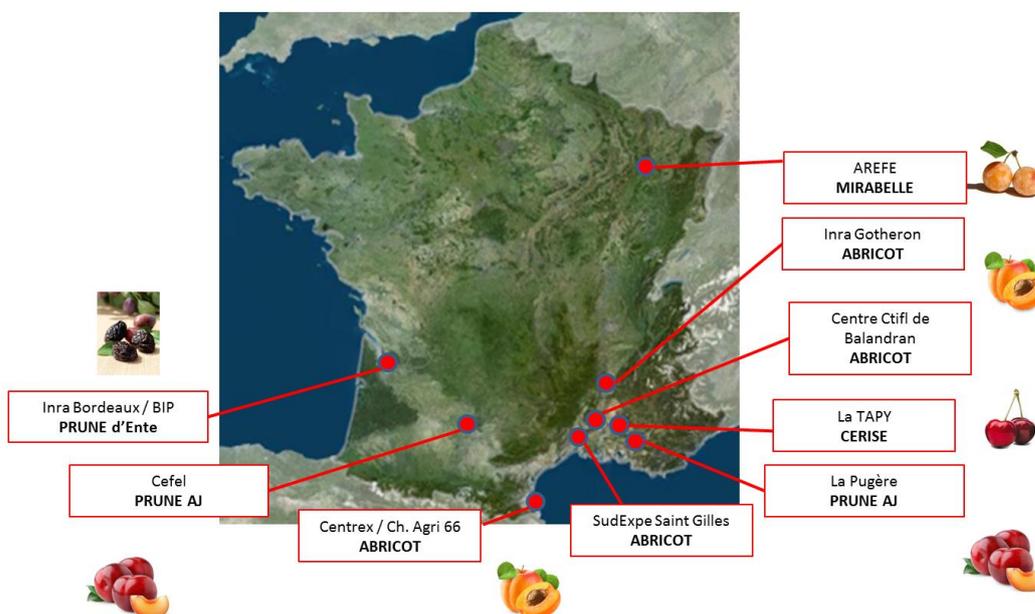


Figure 1 : Localisation des différents sites expérimentaux CAP ReD en France

Un ensemble de moyens et de techniques pour la protection contre les bioagresseurs, la gestion et l'entretien du sol, l'irrigation et la fertilisation, la conduite des arbres..., en rupture avec les conduites traditionnelles (PFI), sont ainsi expérimentés.

L'ensemble des enjeux liés à la protection phytosanitaire (risque des résidus sur fruits, qualité de pulvérisation...) sont pris en compte. L'évaluation de ces nouveaux systèmes de production porte sur les trois piliers de la durabilité, avec une mesure des performances technico-économiques dans des contextes pédoclimatiques et pressions phytosanitaires différents.

Un certain nombre de partenaires du projet (la Pugère, la Serfel, les unités INRA de Gotheron et de Bordeaux/BIP et la Sefra) ont participé sur la période 2011-2013 au projet Casdar « Evaluation de systèmes de culture arboricoles à bas niveau d'intrants et transferts aux arboriculteurs ». Le projet CAP ReD s'est en partie construit grâce aux avancées de ce Casdar. Par ailleurs, le regroupement des différentes espèces de fruits à noyau au sein du projet CAP ReD se conçoit, d'une part par la transversalité d'un certain nombre de thématiques travaillées pour la réduction des produits phytosanitaires (gestion du désherbage sur le rang, optimisation de la pulvérisation) et d'autre part, par l'existence de problématiques phytosanitaires communes à plusieurs espèces telles que les monilioses, l'enroulement chlorotique de l'abricotier (ECA)...

1. Matériels et méthodes

1.1 Le dispositif expérimental

Deux systèmes de base sont proposés, un dispositif de référence (type « producteurs », protection raisonnée) et un dispositif Ecophyto. Sur certains sites, ce schéma d'expérimentation est complété par un ou deux dispositifs supplémentaires.

Le système de référence (PFI), ce système intègre au mieux les pratiques de productions locales du fait de la diversité des productions et des modes de raisonnement des protections.

Le système Ecophyto (Eco) vise, en comparaison aux références régionales et au système de référence, à réduire d'au moins 50% l'utilisation de produits phytosanitaires en combinant les leviers, techniques et moyens existants ou innovants. Une plus grande prise de risque sera acceptée pour la gestion de la protection phytosanitaire. La protection phytosanitaire de ce dispositif s'appuie sur (i) les moyens dits alternatifs ou complémentaires à la lutte chimique classique (ii), des systèmes de conduite en rupture avec les systèmes traditionnels (iii), une optimisation des applications de bouillie phytosanitaires (iv), le type d'entretien des rangs et des inter-rangs.

Des essais non systémiques (essais factoriels satellites et complémentaires au projet CAP ReD) viennent renforcer, au cours du projet, les méthodes employées.

Le réseau CAP ReD comporte 28 systèmes sur 10 sites (Figure 2) répartis de la manière suivante :

- **11 systèmes de référence (PFI)** pour l'ensemble des espèces à l'étude. La réduction d'emploi des produits phytosanitaires est calculée par rapport à ces références.
- **17 systèmes Ecophyto (Eco).**

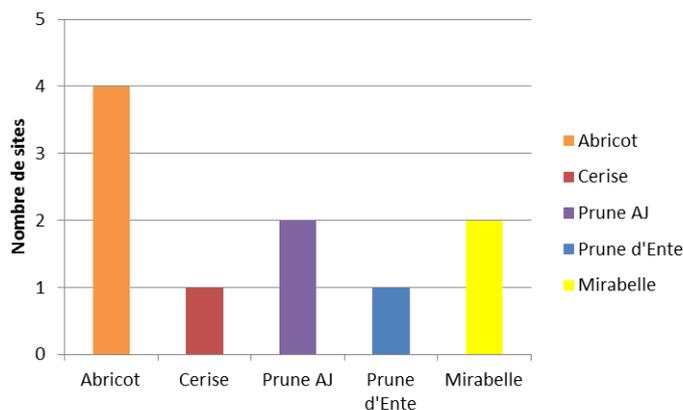


Figure 2 : Répartition des différents sites CAP ReD par espèce fruitière.

1.1.1 Bioagresseurs étudiés

Les bioagresseurs problématiques dans CAP ReD sont assez communs aux différentes espèces (abricot, cerise, prune et mirabelle) et aux zones de productions du projet :

- **Les maladies :** monilioses sur fleurs et fruits, bactériose, rouille, enrroulement chlorotique de l'abricotier (ECA), oïdium, tavelure. Les maladies, notamment les monilioses sur fleurs et rameaux, sont les problématiques dominantes sur ces espèces (sauf pour la cerise), aussi la protection phytopharmaceutique est indispensable et la modulation de cette protection engendre une prise de risque importante et la nécessité de mettre en place d'autres leviers d'actions.
- **Les ravageurs :** pucerons, carpocapse/tordeuses (prune), mouches et *Drosophila suzukii* (cerise).

- **D'autres bioagresseurs** peuvent occasionner des dégâts occasionnellement et les interventions de protection sont raisonnées au cas par cas selon les situations.
- **Les adventices** : les problèmes sont assez spécifiques à chaque parcelle/site, mais la gestion de la concurrence des adventices sur le rang est une problématique d'importance, en particulier sur les jeunes vergers.

1.1.2 Les différents leviers d'action mobilisés

Les moyens qui sont mis en œuvre pour atteindre les objectifs de réduction d'usage des produits phytosanitaires reposent sur une combinaison de différentes catégories de leviers d'action (Tableau 1), avec :

- Des **choix structurels** réalisés lors de l'implantation du verger (variété x porte-greffe, distances de plantation, forme fruitière), système d'irrigation, système de protection (bâche, filet).
- Des **stratégies annuelles** de gestion technique intégrant des combinaisons de méthodes alternatives :
 - L'entretien du sol sur le rang par des techniques alternatives aux herbicides (désherbage mécanique, paillage, mulch...),
 - Les méthodes culturales visant une plus grande prophylaxie, une atténuation des risques de développement des bioagresseurs, en agissant via la vigueur et/ou le microclimat par l'intermédiaire de la plante (modification de l'architecture des arbres...) et/ou les conditions du milieu (techniques de gestion de l'alimentation hydrominérale...),
 - Les techniques d'amélioration de la pulvérisation ou d'efficacité des traitements,
 - L'utilisation de produits de biocontrôle et la confusion sexuelle,
 - Le choix des substances actives ayant le meilleur ratio efficacité technique / profil écotoxicologique et peu d'effets non intentionnels sur les auxiliaires,
 - Des méthodes visant à favoriser et à préserver la biodiversité des communautés (habitats et ressources pour les auxiliaires via des haies composites...), pour augmenter les possibilités de régulation écologique au sein de ces systèmes.
- L'acceptation d'une **augmentation de prise de risques** (niveau de seuil de tolérance des populations des bioagresseurs, impasses de certains traitements « préventifs »...) raisonnée au cas par cas selon les bioagresseurs.

Les différents leviers utilisés dans CAP ReD (Tableau 2), comme dans les autres systèmes EXPE et FERME, ont été regroupés en plusieurs catégories de levier pour limiter l'usage des produits phytosanitaires :

- Le **contrôle génétique** regroupe le recours aux variétés résistantes ou peu sensibles à certains bioagresseurs ou la hauteur de greffage sur porte-greffe peu sensibilisant contre la bactériose.
- La **lutte physique** regroupe le désherbage mécanique, la bâche tissée au sol, le mulch, les filets utilisés pour lutter contre certains insectes [carpocapse, mouche, *Drosophila suzukii* (DS), psylle...] et les bâches anti-pluie utilisées dans la lutte contre certaines maladies (monilia, rouille ...) et l'éclatement sur cerise ;
- La **lutte biotechnique** telle que les méthodes de confusion sexuelle (carpocapse, tordeuses) ;
- La **lutte biologique** concerne uniquement dans CAP ReD, la lutte biologique par conservation (avec des auxiliaires « autochtones »), par la mise en place d'IAE telles que les haies composites, bandes fleuries...

- Le **contrôle culturel** englobe différentes « pratiques culturales » ayant une action sur la population (pratiques telles que la suppression des organes contaminés qui tend à limiter l'inoculum, via la taille par exemple) qui visent à réduire la sensibilité du végétal aux bioagresseurs.

Ces leviers de gestion des bioagresseurs sont mobilisés diversement selon les espèces et les systèmes dans CAP ReD (Figure 3). Par exemple, les contrôles génétique et biotechnique (confusion) ne sont utilisés qu'en abricot et prune AJ. Les leviers les plus utilisés dans CAP ReD restent la lutte physique (filet, bâche, travail du sol...) et la lutte chimique.

Tableau 1 : Les différents sites expérimentaux, systèmes de culture et leviers du projet CAP ReD

Sites	Espèces / modalités de système	Années plantation	Leviers étudiés pour limiter les intrants*							Autres leviers
			Bâche anti-pluie	Filet anti-insectes	Enherbt sur rang	Bâche tissée au sol	Mulch	Travail du sol	Matériel végétal	
SudExpe	Abricot PFI/Eco-50%	2001						x	x	IAE (Infrastructures Agro-Ecologiques)
	Abricot PFI/Eco-innovant	2014				x				Pulvérisation Innovante/mur fruitier (666 arbres/ha) ; IAE
Centrex /CA66	Abricot PFI Eco Eco+ 0 Résidu	2013			x x x x			x x x x		IAE
Inra Gotheron	Abricot PFI ref60 Eco1 gobelet 120 Eco2 palmette 120 Eco3 palm120+fil ba	2015	x***					x x x	x x x	Greffage haut : 120cm Forme palmette (1000 arbres/ha) IAE
CTIFL Balandran	Abricot PFI/Eco-50%	2014					X Luzerne ***	x		Désherbant vert Baisse ferti. minérale IAE
La Tapy	Cerise PFI/Eco-50%	2012	x	x MR**				x		Forme plate (1667 arbres/ha) / IAE
La Pugère	Prune AJ PFI/Eco TC /Eco GRE	2014	x	x MR**		x			x	Adaptation des doses au volume foliaire (biaxe rabattus) (1667 arbres/ha)
Cefel	Prune AJ PFI/Eco	2014	x	x MP**				x		Forme plate (2272 arbres/ha)
INRA Bdx/BIP	Prune d'Ente PFI (prod.) /Eco-50%	2011					x BRF			Irrigation enterrée IAE OAD
Arefe (producteur)	Mirabelle PFI/Eco1/Eco2-innovant	1994			x					largeur dés herb./rang OAD
Arefe	Mirabelle PFI/Eco	1994			x					OAD

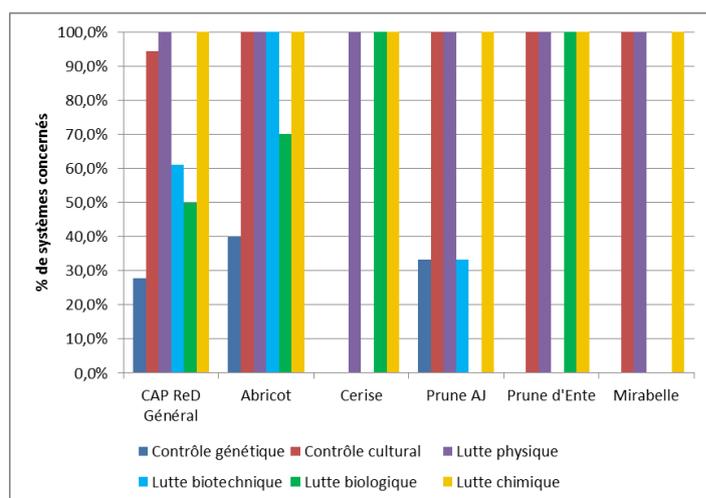
* hors prophylaxie et moyens alternatifs qui sont utilisés dans l'ensemble des sites sur les systèmes Eco

** MR = Mono-rang ou MP = Mono-parcelle

*** Essais factoriels satellites menés durant 2 ans à l'INRA sur la bâche et au CTIFL sur le mulch de luzerne

Tableau 2 : Principaux leviers du projet CAP ReD et leurs principes d'action

Leviers	Principes d'action
Bâches anti-pluie (4 systèmes)	Diminue les durées d'humectation du végétal et ainsi le risque de contamination par certaines maladies (monilia sur fleurs, sur fruits, rouille...), évite l'éclatement des fruits (cerise)
Filets anti-insectes (3 systèmes)	Réduire les entrées de ravageurs (mouche, DS sur cerise ; tordeuses, carpocapse, psylle sur prune) venant de l'extérieur dans la parcelle. Il peut être en mono-rang ou mono-parcelle
Greffage haut (1 système)	Le greffage haut (>1m) de l'abricotier sur porte-greffe pêcher (type Montclar) est connu pour diminuer fortement la mortalité des charpentières et des arbres due au chancre bactérien
Pulvérisation innovante (1 système)	Utilisation d'un pulvérisateur tangentiel pour diminuer les volumes de bouillie et les doses appliquées de 30 à 80% selon le bioagresseur ciblé
Adaptation des doses au volume foliaire (1 système)	L'adaptation du volume de bouillie à celui de la surface foliaire et le calcul de la dose/hl plutôt que la dose/ha permet de réduire la quantité d'IFT des parcelles
Piégeage forficule (1 système)	Les forficules se réfugient dans un pot de paille à l'ombre du soleil (insecte nocturne), ces pots sont vidés avant récolte pour diminuer les populations
Paillage de luzerne sur le rang (1 système)	Occultation sensée limiter la germination des adventices, barrière physique à la levée. Effet fertilisant par la minéralisation de l'azote
Bois Raméal Fragmenté sur le rang (1 système)	Le Bois Raméal Fragmenté (BRF), déposé en couche uniforme sur le rang, empêche la pousse des adventices
Bâche tissée au sol sur le rang (2 systèmes)	Couverture du rang avec une bâche tissée pour éviter les adventices

**Figure 3** : Leviers de gestion des bioagresseurs utilisés dans les systèmes ECO de CAP ReD

1.1.3 Les différentes stratégies de gestion des bioagresseurs

Pour parvenir aux objectifs de réduction d'IFT visés, les stratégies de gestion des bioagresseurs définies d'après Hill et MacRae (1995) et mises en œuvre dans CAP ReD, sont :

- **L'Efficiency** dans 67% des systèmes : stratégie mobilisant principalement l'amélioration des modalités de prise de décision ou des techniques de pulvérisation pour améliorer l'efficacité des traitements, et réduire le niveau de recours aux pesticides.
- La **Substitution** systématiquement associée à l'Efficiency, a été utilisée dans 40% des systèmes de CAP ReD. Stratégie reposant sur le remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif.
- La **Reconception** dans 27% des systèmes : stratégie impliquant la mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires dans un système dont la cohérence d'ensemble est repensée.

1.2 La démarche de conception

CAP ReD repose sur les principes de l'**expérimentation système**, il s'agit d'un concept relativement récent, initié dans les années 80 à 90, en comparaison avec l'expérimentation agronomique classique qui s'appuie sur un modèle factoriel. L'expérimentation système cherche davantage à évaluer des systèmes de culture, c'est-à-dire des ensembles cohérents de choix techniques. Le protocole expérimental est basé sur des règles de décision, qui permettent d'adapter les choix techniques successifs aux événements climatiques et à l'évolution de l'état des cultures (Meynard, 2012). Ainsi, l'expérimentation système suit une certaine logique en plusieurs étapes bien définies et prend souvent la forme de la co-conception, c'est-à-dire une conception collective du système au sein d'un groupe d'acteurs. Cette conception peut prendre deux formes : la conception « pas-à-pas » qui consiste à évaluer un système existant et à identifier les pistes d'amélioration pour faire évoluer le système ; et la « conception de novo », des modèles de systèmes en rupture souvent pensés à dire d'experts (Simon et al., 2013 ; Meynard, 2008).

Pour ce qui est de la conception des systèmes innovants de CAP ReD, elle a été principalement effectuée par **co-conception** avec les divers acteurs du projet et leurs partenaires (expérimentateurs des stations régionales et institut technique, chercheurs, conseillers techniques d'exploitations fruitières : Chambres d'Agriculture des Pyrénées Orientales, du Gard et de Drôme-Ardèche, Grceta de Basse Durance, ingénieurs des réseaux FERME...).

Les systèmes CAP ReD ont été conçus d'une manière « hybride » : avec une première phase de conception « **de novo** » aboutissant à des prototypes de systèmes conçus à dire d'experts (certains prototypes ont été réalisés dans le cadre du CASDAR Vergers bas Intrants avant le projet CAP ReD).

Une fois les prototypes installés sur le terrain, les systèmes bénéficient annuellement d'une logique « **pas-à-pas** » permettant d'améliorer les systèmes, à chaque campagne, dans l'objectif de réduire les IFT. Cette démarche a permis d'adapter progressivement les règles de décision pour la gestion des itinéraires techniques annuels, fortement orientées par les conditions pédoclimatiques et pressions biotiques des années précédentes, mais aussi par l'apparition de nouvelles méthodes alternatives (comme de nouveaux biocontrôles) ; ceci dans le respect des orientations stratégiques prédéterminées.

1.3 Les indicateurs et cadre d'analyse utilisés

Afin de bien évaluer la performance du système, un grand nombre d'observations et mesures a été réalisé pour caractériser la croissance des arbres, la production de fruits et leur qualité, le statut hydrique des sols, les populations de bioagresseurs et leurs dégâts, les temps de travaux... Ces données ont permis de calculer des indicateurs de performance agronomiques, économiques et environnementaux.

1.3.1 Indicateurs environnementaux

Pour déterminer le niveau de performance lié à la réduction d'utilisation des produits phytosanitaires, l'indicateur utilisé dans le réseau DEPHY est l'IFT (Indice de Fréquence de Traitements). Cet indicateur est calculé à partir de la dose appliquée (DA), de la dose de référence (DR, ici dose minimale autorisée sur la culture) et de la proportion de surface traitée (PST). Cet indicateur suit la formule suivante (Ministère de l'agriculture, 2015) : $IFT \text{ Traitement champ} = (DA / DR) \times PST$.

En ajoutant les IFT pour chaque traitement, on obtient l'IFT total de la parcelle considérée. Cet IFT sera décliné selon plusieurs catégories : IFT total, IFT biocontrôle, IFT hors biocontrôle ou selon les grandes familles d'usage (insecticides, fongicides, herbicides). Les IFT ont été calculés annuellement en respectant la liste des produits de biocontrôle en vigueur.

1.3.2 Indicateurs agronomiques

De nombreux indicateurs agronomiques ont été mesurés, la plupart varie en fonction des espèces étudiées dans CAP ReD : **rendement brut** et **commercialisable**, répartition par **calibre** ou qualité commerciale, **déchets** triés par catégories dont ceux liés aux bioagresseurs, qualité physico-chimique des fruits (sucre, acide, fermeté), tenue des fruits en conservation, résidus phytosanitaires dans les fruits, mais aussi la quantité d'eau et de fertilisants chimiques apportés. Seuls les indicateurs agronomiques les plus pertinents sont présentés dans cette synthèse.

1.3.3 Indicateurs économiques

Le groupe CAP ReD a travaillé sur un référentiel économique en lien avec les groupes FERME. Le chiffre d'affaire bord verger a été calculé à partir du rendement commercialisable, de la répartition des calibres et des prix de vente annuels issus du Réseau des Nouvelles des Marchés de France Agri-Mer pour l'abricot ; et en fonction des semaines de maturité des différentes variétés et du calibre (-50 centimes/kg, correspondant au coût de calibrage et de conditionnement en plateaux) ou prix réels vendus pour les autres espèces.

Les coûts de fertilisation, de protection phytosanitaire et d'eau reflètent les coûts des produits et les quantités réellement appliquées. Le coût de main-d'œuvre de base a été calculé à partir du SMIC horaire brut annuel + charges patronales (avec +1€ pour les opérations réalisées par des tractoristes).

Les coûts de mécanisation utilisés sont ceux de l'APCA (coûts des Opérations Culturelles 2018 des Matériels Agricole) calculés à partir du temps réel passé sur les parcelles (avec tracteur + outil) et de leur surface. Ce coût comprend le carburant, l'entretien du matériel et son amortissement.

1.3.4 Cadre de l'analyse

L'analyse porte sur cinq campagnes de 2014 à 2018. Dans le cadre de cette synthèse, les vergers non en production, ou dans des situations d'entrée en production économiquement peu significatives (< 3 ans) ont été exclus des analyses portant sur les performances agronomiques et économiques : rendement et chiffre d'affaires. En revanche, pour le calcul des IFT, seule la première année (peu significative car peu de traitement) et la modalité « zéro résidu » ont été exclues.

Lorsque des aléas climatiques (gel, besoins en froid) ont perturbé les performances agronomiques des vergers, les données ont également été retirées de l'analyse, c'est le cas pour 2016 et 2018 au Cefel, suite au gel, en 2018 à la Pugère (gel/ECO), à la Centrex et SudExpe en 2016 (manque de froid), à Gotheron en 2018 (gel sur les fleurs des rameaux courts de la variété Anégat). Par contre, les arbres dépérissants ou morts de maladie (bactériose, ECA, sharka) ne sont pas exclus de l'analyse pour calculer les rendements par ha ni pour les marges économiques car ils font partie intégrante de l'évaluation du système de culture.

Pour synthétiser les données, nous avons calculé les moyennes par système en intégrant les données issues des différents sites x années (n spécifie le nombre de données considéré dans le calcul). Cependant, pour illustrer la variabilité existante, nous présentons pour certains indicateurs des paramètres statistiques permettant de caractériser la variabilité de la distribution et le niveau de confiance de la moyenne (valeurs minimum et maximum, écart-type (S), intervalle de confiance de la moyenne au risque α de 5 % (IC)).

2. Résultats et discussion

La majorité des vergers de CAP ReD (65%) a été plantée en début de projet : en revanche, certains, comme les vergers de mirabelles avaient plus de 10 ans au démarrage du projet. Ainsi, CAP ReD a présenté une très grande diversité de situations à la fois géographique, d'âges et d'espèces fruitières.

2.1 Les IFT dans les systèmes ECO

2.1.1 IFT hors biocontrôle

La moyenne de l'IFT hors biocontrôle de l'ensemble des systèmes de référence (PFI) de CAP ReD de 2014 à 2018 (Figure 4) est de 12.2 ± 0.9 (n=47, S=3.2), mais variable entre année-site (min.=3.2 ; max.=17.8 IFT), cette variabilité est importante surtout sur abricot. En déclinant par espèce, l'IFT moyen hors biocontrôle en PFI : **l'abricot 10.3 ± 1.2** (n=21 ; S=2.8) ; **la cerise 13.7 ± 1.2** (n=5 ; S= 1.4), **la prune AJ 12.1 ± 2.5** (n=6 ; S=3.1) ; **la prune d'Ente 11.6 ± 1.9** (n=5 ; S=2.2) ; **la mirabelle 15.6 ± 0.9** (n=10 ; S=1.4).

Ces valeurs d'IFT hors biocontrôle sont proches de celles établies comme « points zéro » du réseau FERME (2009-2011) : abricot 9-12 ; cerise 10-20 ; mirabelle 11-15 ; ainsi que celles données par l'enquête Agreste sur les pratiques phytosanitaires en 2015 (IFT national de l'abricot = 11.8 ; prune = 10.5). Cela indique que la gestion de la protection des systèmes de culture de référence était représentative des pratiques des producteurs.

En parallèle, la moyenne de l'IFT hors biocontrôle des systèmes ECO est de 5.1 ± 0.7 (n=66 ; S=2.8 ; Min.= 1 ; Max.= 12.7), ce qui représente une réduction de **-58 %** (moyenne des % réductions des n systèmes x années). Cette réduction est importante et va au-delà des objectifs fixés dans Ecophyto (50%). **Cette réduction est variable selon les espèces** : très forte pour la cerise **-79%** avec un IFT hors biocontrôle très faible de 2.9 ± 0.9 (n=5 ; S=1.1), grâce aux filets anti-insectes+bâche très efficaces ; réduction également importante pour la prune AJ avec **-74%** et un IFT faible de 3 ± 1.5 (n=10 ; S=2.4) ; de 54% sur l'abricot et un IFT faible de 5 ± 0.9 (n=31 ; S=2.6) et de 53% sur la prune d'Ente et la mirabelle, avec des IFT un peu plus importants, notamment pour la mirabelle, avec respectivement de 5.5 ± 1.2 (n=5 ; S=2.2) et 7.3 ± 1.5 (n=15 ; S=3) pour ces deux espèces.

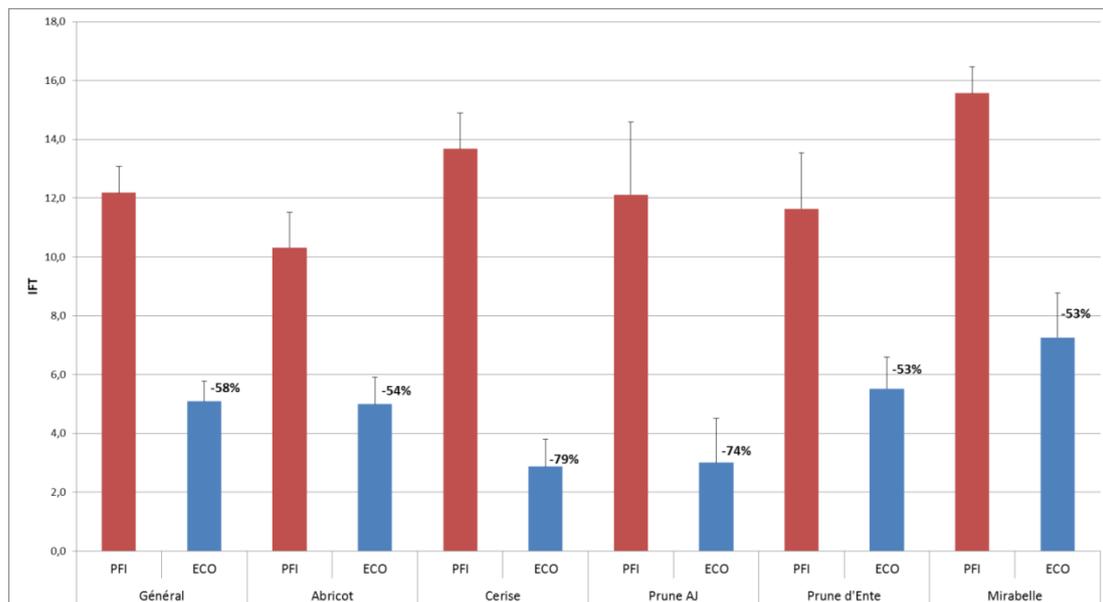


Figure 4 : IFT hors biocontrôle par espèce et pourcentage moyen annuel de réduction. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance (IC) des moyennes au seuil de risque de 5%. Les pourcentages affichés sont les moyennes des % réductions des n systèmes x années.

Cette réduction est variable **selon les systèmes**, l'exemple de l'abricot sur la Figure 5 montre des diminutions allant de 20% à 74% ; cette variabilité dépend des règles de décision établies par chaque responsable de site, en fonction de la pression des bioagresseurs, des leviers mis en place, de la prise de risque choisie.

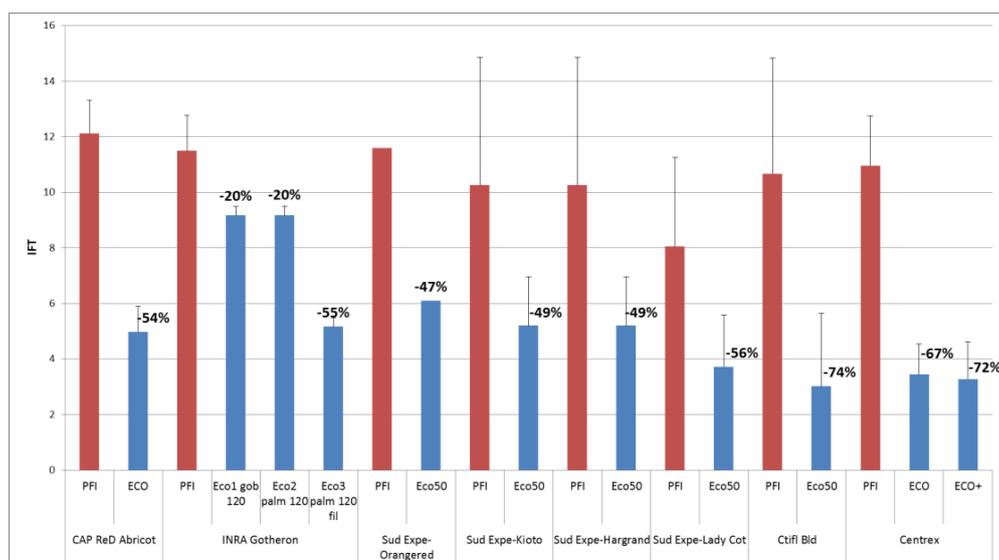


Figure 5 : IFT hors biocontrôle moyen annuel par site en abricot. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance (IC) des moyennes au seuil de risque de 5%. Les pourcentages affichés sont les moyennes des % réductions des n systèmes x années.

Dans les systèmes de référence, les **herbicides** représentent la minorité des produits phytosanitaires utilisés, en moyenne **7.8% des IFT hors biocontrôle** (par rapport aux fongicides et insecticides). Ceci étant dit l'enjeu environnemental autour de la réduction des herbicides reste important pour le maintien de la qualité des eaux de surface et souterraines et pour limiter l'apparition de résistances. Lorsque l'on détaille ces IFT hors biocontrôle selon les grandes familles d'usage (Figure 6), on peut noter que **l'objectif « zéro herbicide » est quasiment atteint** sur les systèmes ECO (en moyenne 0,24 IFT vs 1 en PFI). L'emploi d'herbicides étant réalisé à faible dose dans certains cas :

- Le site de l'Arefe sur mirabelle où les doses ont été réduites par une diminution de la zone désherbée ;
- Le Cefel et l'INRA de Gotheron où le désherbage mécanique n'a pas pu être mis en place les premières années (problème de disponibilité du matériel pour le Cefel et choix du désherbage chimique les 2 premières années pour l'INRA) ;
- Le BIP/INRA de Bordeaux et la Centrex ont dû recourir aux désherbages chimiques dans leurs parties ECO, suite à une trop forte concurrence de l'enherbement sur le rang à la Centrex et du BRF au BIP/INRA provoquant des faims d'azote les premières années lors de sa dégradation, causant de gros problèmes de vigueur.

Dans les systèmes de référence, les **fongicides** représentent la majorité des produits phytosanitaires utilisés, en moyenne **63% des IFT hors biocontrôle** et les **insecticides représentent 29%** des IFT. Dans les systèmes ECO, la proportion des fongicides est toujours majoritaire avec la même proportion de 63 % des IFT. Ceci indique que sur fruits à noyau, il y a encore une grande difficulté à contrôler les maladies, notamment le monilia, avec actuellement plus de méthodes alternatives disponibles pour contrôler les ravageurs.

Cette « dominance fongique » est variable selon les espèces ; en effet, sur cerise et prune AJ, l'utilisation d'insecticides et de fongicides se fait à part égale dans la partie PFI (environ 45% des IFT) pour ces deux usages, ceci s'explique par la problématique majeure sur cerise de la *Drosophila suzukii* et sur prune AJ du carpocapse et de la tordeuse. Dans les systèmes ECO de ces deux espèces, les filets anti-insectes + bâches anti-pluie ont permis de diminuer fortement la part d'insecticides et de fongicides.

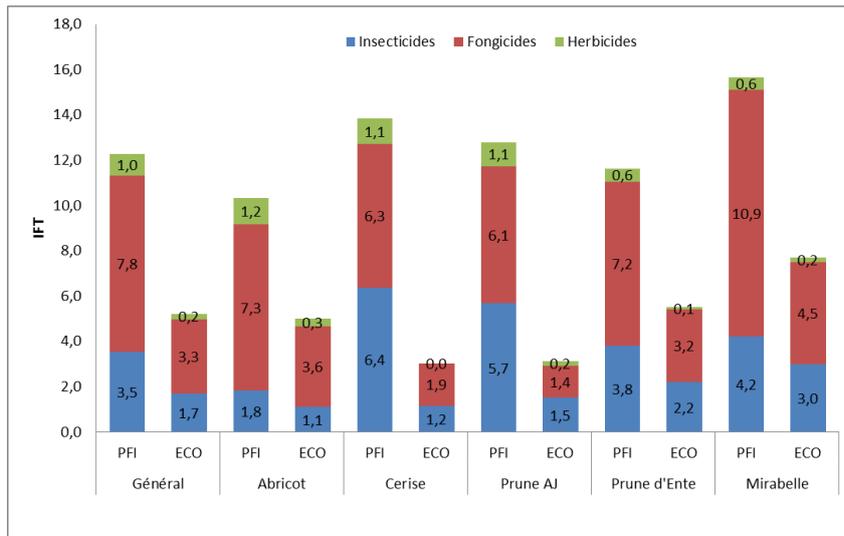


Figure 6 : IFT hors biocontrôle moyen annuel par usage et par espèce.

2.1.2 IFT biocontrôle

Les biocontrôles utilisés autant en PFI qu'en ECO sont la confusion sexuelle contre la tordeuse et le carpocapse et des produits à base de virus de la granulose. L'utilisation de ces produits s'est généralisée dans les pratiques professionnelles depuis une vingtaine d'année et a largement montré son efficacité.

Dans nos essais, les IFT des **produits de biocontrôle** sont **assez faibles mais variables** (de 0 à 12) selon les sites et les systèmes (Figure7) avec une moyenne de 1.6 ± 0.4 sur PFI ($n=47$; $S=1.5$; Min.=0; Max.=7.9), de 2.7 ± 0.7 sur ECO ($n=66$; $S=3.1$; Min.=0 ; Max.=12) conduisant à une faible augmentation sur ECO par rapport à PFI. Lorsque l'on détaille par espèce, l'utilisation du biocontrôle dans la partie ECO augmente seulement sur **abricot et mirabelle**. Les biocontrôles utilisés dans ECO en substitution aux produits chimiques sont :

- Soufre contre rouille-oïdium ;
- Huile blanche et argile contre le puceron ;
- Lait de chaux contre le psylle (ECA) ;
- Polysulfure de calcium contre monilia fleurs ou tavelure.

L'efficacité moyenne de ces produits a permis de contenir les bioagresseurs lorsque la pression était faible (oïdium, rouille, tavelure) ; en revanche en cas de forte pression : psylle (ECA) ou monilia fleurs, ces solutions n'ont pas été suffisantes. En effet le site ECO du Cefel a eu 30% d'arbres atteints par l'ECA sur prune AJ, malgré les traitements au lait de chaux. Une augmentation de la pression rouille a également été observée sur plusieurs sites au fil des années.

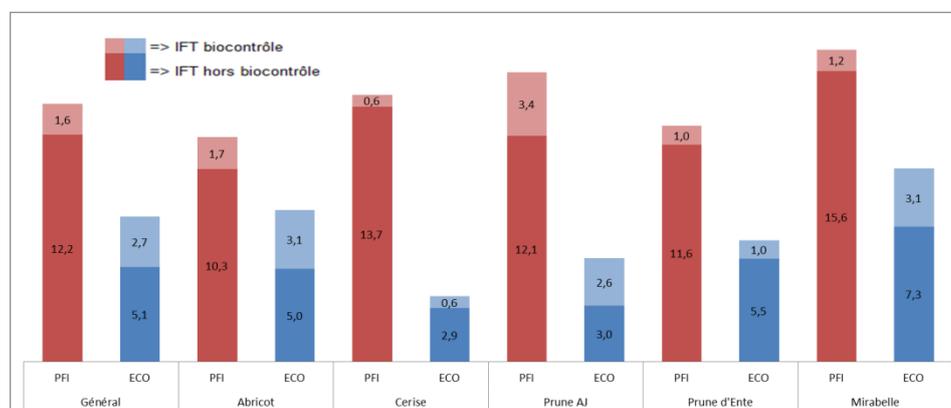


Figure 7 : IFT biocontrôle et hors biocontrôle moyens annuel et par espèce

Aussi, cette faible augmentation des biocontrôles dans la partie ECO, malgré une diminution importante des IFT, montre que les autres leviers utilisés : méthodes culturales, barrières physiques, impasse de traitements par raisonnement, réduction de dose, ont fortement contribué à la diminution globale (-58 % dans ECO) des produits de traitement.

2.2 Les performances agronomiques des systèmes ECO

Le rendement commercialisable moyen (Figure 8), dans les systèmes de référence, est de $16,7 \pm 3,8$ t/ha/an. Ces valeurs moyennes sont assez proches entre l'abricot, la cerise et la mirabelle ; en revanche, la prune AJ présente un potentiel de production plus important que les autres espèces mais plus instable ($S=21.7$) : sensibilité aux alternances et aléas climatiques. La prune d'Ente présente également des tonnages faibles par rapport aux autres espèces, étant donné qu'il s'agit du rendement de prunes sèches, donc avec perte de poids lié au séchage. Les vergers d'abricot de CAP ReD sont jeunes, en début de production aussi leurs rendements restent moyens à l'échelle du projet.

Les systèmes ECO ont un niveau plus faible de $13,4 \pm 3.7$ t/ha/an, soit une **diminution de 19% en moyenne**. La perte de tonnage se retrouve dans l'ensemble des systèmes ECO, quelle que soit l'espèce. En prune AJ à la Pugère et en cerise, ce tonnage plus faible dans ECO s'explique, car les arbres ont dû être rabattus (pour rentrer dans les filets à la Tapy).

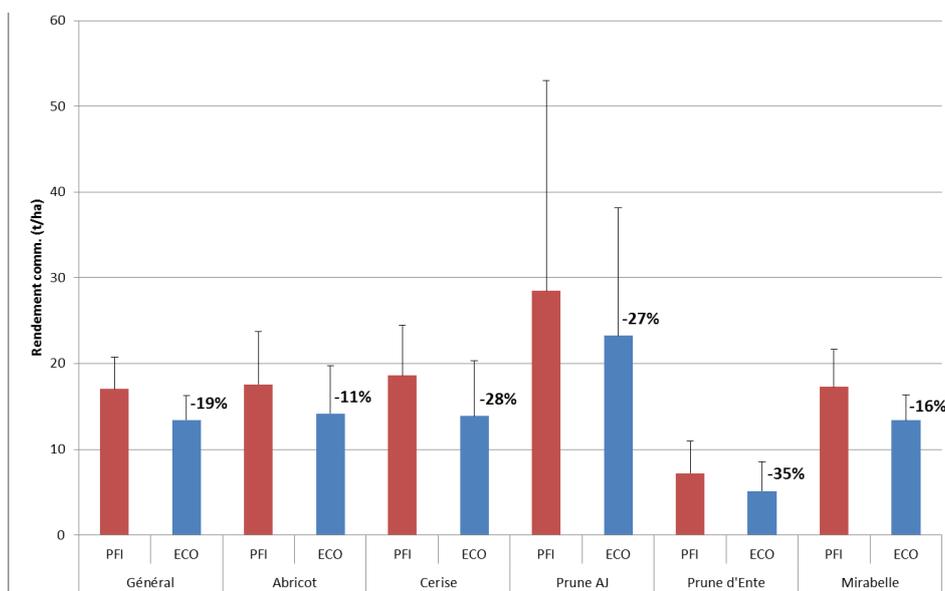


Figure 8 : Rendement commercialisé moyen annuel de CAP ReD et par espèce. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance (IC) des moyennes au seuil de risque de 5%. Les pourcentages affichés sont les moyennes des % réductions des n systèmes x années.

Les Figures 9 et 10 présentent les rendements annuels cumulés par système. Elles montrent **l'extrême variabilité de la production de fruits** selon l'âge du verger (même s'il n'apparaît sur la figure que les vergers > 3 ans sauf INRA de Gotheron en 3^{ème} feuille en 2017), la variété, l'alternance, le mode de conduite et bien sûr les sites et ses conditions pédoclimatiques (même si les accidents climatiques : gel, manque de froid, n'ont pas été comptabilisés). Deux systèmes ECO abricot : ECO3 à l'INRA de Gotheron et ECO50 Lady Cot à SudExpe, ont présenté des rendements >50% de la référence PFI (+61% et +53%). Ceci s'explique par un **mode de conduite en haute densité d'arbres** : en palmette à l'INRA avec 1000 arbres/ha et en mur fruitier à SudExpe avec 667 arbres/ha, qui rentre en production plus tôt (dès la 3^{ème} feuille). La grande majorité des autres systèmes ECO (densité 400 arbres/ha en gobelet pour l'abricot) présente chaque année un rendement commercialisé **plus faible** que la référence.

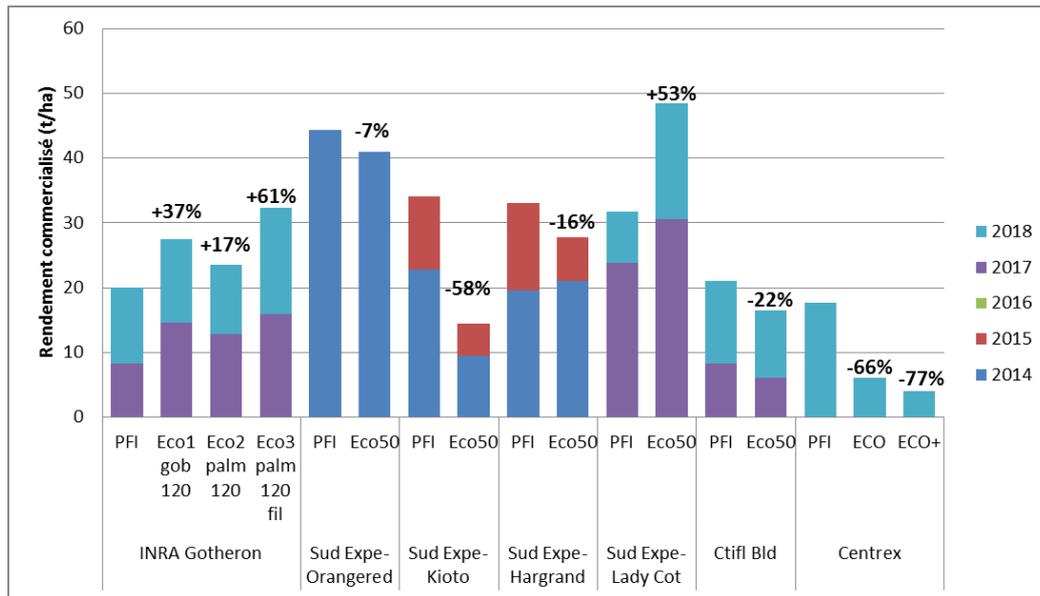


Figure 9 : Rendement commercialisé moyen cumulé par année selon les sites en abricot. Les pourcentages affichés correspondent aux % des rendements cumulés par système. Les rendements du site INRA de Gotheron en 3^{ème} feuille (2017) sont exceptionnellement présentés ici pour leurs valeurs proches d'une 4^{ème} feuille. Ces données ne sont prises en compte dans les calculs technico-économiques car <4^{ème} feuille (cf paragraphe Cadre de l'analyse).

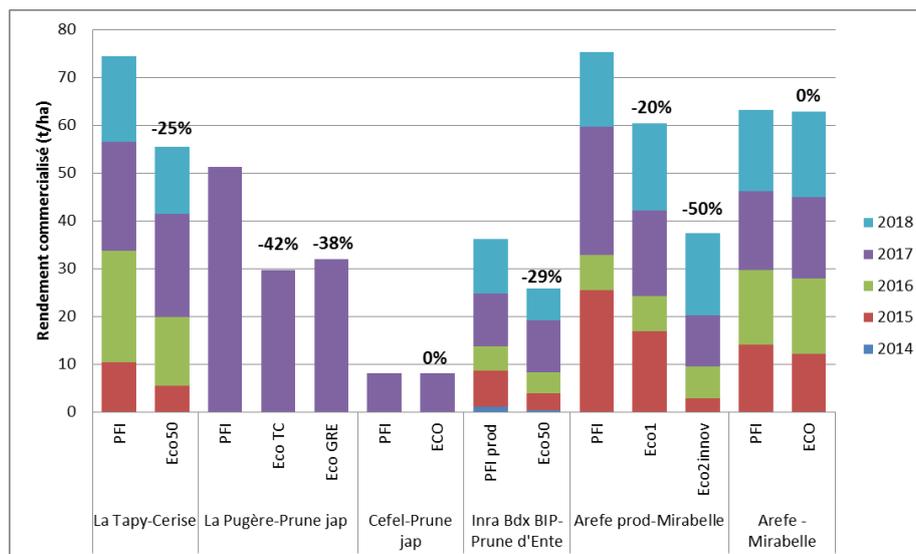


Figure 10 : Rendement commercialisé moyen cumulé par année selon les sites en cerise, prune AJ, Prune d'Ente et mirabelle. Les pourcentages affichés correspondent aux % des rendements cumulés par système.

Cette baisse du rendement commercialisé s'explique par une **baisse de la quantité totale** de fruits produits dans les systèmes ECO, comme le montrent les rendements bruts récoltés sur le Tableau 3. Pour l'espèce **abricot**, cette baisse s'explique en partie aussi par une **quantité de déchets plus importante** dans les systèmes ECO/PFI (24%/16% de déchets). Ces déchets plus importants en ECO abricot sont la conséquence d'attaques plus importantes de forficules, tordeuses, tavelure et monilia. En cerise et prune, les systèmes ECO ne présentent pas plus de déchets, voire **moins dans les systèmes protégés sous filet anti-insecte + bâche anti-pluie**.

Tableau 6 : Rendement brut récolté annuel moyen de CAP ReD par espèce, intervalles de confiance.

		n	Rendement brut récolté moyen par an (t/ha)	% déchets moyen/an
Général	PFI	26	18.1 ±3.7	16 ±5
	ECO	34	15 ±3.3	20± 8
Abricot	PFI	8	20.6 ±6.8	16 ± 6
	ECO	11	17.9 ±6.5	24 ±10
Cerise	PFI	3	20.1 ±6.9	16 ±7.5
	ECO	3	14.9 ±9	11 ±9
Prune AJ	PFI	3	30.4 ±22.9	12 ±16
	ECO	3	24.9 ±13.5	11 ±16
Prune d'Ente	PFI	5	7.2 ±3.7	Pas de déchets (industrie)
	ECO	5	5.2 ±3.4	
Mirabelle	PFI	8	17.3 ±4.4	
	ECO	12	13.4 ±3	

Ainsi, la baisse de rendement commercialisable sur ECO est davantage liée à des facteurs ayant affecté **le fonctionnement global des arbres**, comme **l'alimentation hydrominérale** (effets de la réduction de la fertilisation minérale et de l'irrigation, compétition par l'enherbement ou le BRF...) impactant **la croissance végétative, la formation des jeunes arbres et la vigueur**.

La **qualité des fruits** dans les systèmes ECO sur le plan de la qualité gustative (sucre, acide et fermeté) **n'a pas présenté de différence** par rapport aux fruits des systèmes PFI. La part de fruits qualitatifs sur le plan du **calibre** (Figure 11) : +28 mm (cerise), cal50 (50fr/500g prune d'Ente), cal 50-55 (prune AJ) ou la part de frais (mirabelle) **est plus importante dans les systèmes où le rendement est plus faible comme dans la majorité des systèmes ECO** (sauf haute-densité abricot).

Seuls les abricots produits sous filets paragrêle et bâche anti-pluie, ont présenté une coloration moindre que ceux produits sans bâche et un petit retard de maturité. Cependant, une diminution des défauts d'épiderme (boisages) liés à cette protection physique a été observée.

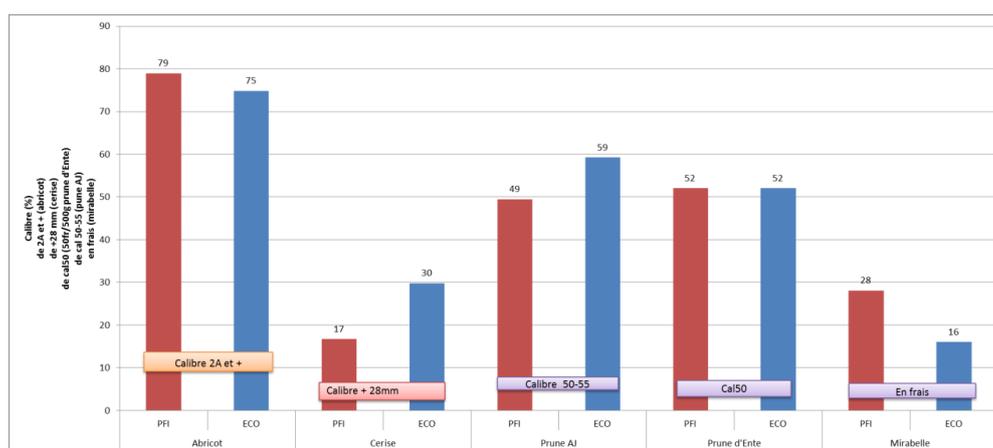


Figure 11 : Calibre en % qualitatif ou en frais par année l'espèce : de 2A et + (abricot), de +28 mm (cerise), de cal50 (50fr/500g prune d'Ente), de cal 50-55 (prune AJ), en frais (mirabelle)

La Figure 12 montre que les IFT hors biocontrôle sont plus élevés dans les systèmes PFI. La droite de régression et son coefficient de détermination R² très faible (0.0243), nous indiquent que le **rendement**

ne présente pas de lien avec l'IFT (avec une p-value<0.05), ainsi le fait de diminuer les IFT n'est pas corrélé à une diminution du rendement, même si, comme nous l'avons vu au-dessus, les systèmes ECO présentent en moyenne un rendement plus faible que les systèmes PFI.

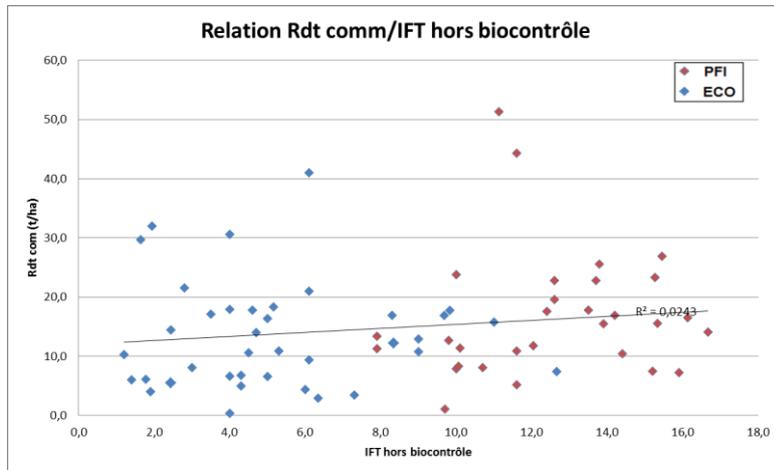


Figure 12 : Relation entre rendement commercialisé et IFT hors biocontrôle annuels des systèmes CAP ReD.

(P-Value=0.202, n=6)

Le bilan de l'efficacité des leviers mis en place dans ECO est présenté dans le Tableau 4 et le bilan de la prise de risque vis-à-vis des bioagresseurs dans les systèmes ECO de CAP ReD est résumé dans le Tableau 5.

Tableau 4 : Efficacité des leviers sur leurs cibles dans le projet CAP ReD.

Leviers / Cible	Efficacité / Cible
Bâches anti-pluie/maladie	
Filets anti-insecte/ravageurs	
Greffage haut/bactériose	
Réduction dose par pulvé.	seuil à déterminer
Choix variétal	
Impasses	
Biocontrôle/maladie	
Glu+ Piège forficules	à confirmer pour piège

Légende : vert= bonne efficacité/cible ; orange= efficacité moyenne/cible

Tableau 5 : Evaluation du risque des bioagresseurs dans les systèmes CAP ReD.

Bioagresseurs	Evaluation du risque
Monilia	Si conditions humides hors bache (rouge/monilia fleurs abricot sinon orange)
ECA	
Bactériose	Si greffage bas et variété sensible
Rouille	hors bache
Oïdium	
Forficules	Glu (si bien positionnée)
Tordeuses	Confusion ou filet
DS/mouches	filet
Carpocaspse	confusion ou filet
Pucerons	sur prune, cerise
Tavelure	hors bache

Légende : vert=risque faible ; orange=risque moyen ; rouge= risque fort

2.3 Les performances technico-économiques des systèmes ECO

Les temps de travaux [heures totales de main-d'œuvre (MO)] des différents systèmes de CAP ReD montrent une différence importante entre espèces de 180 à 1359 h/ha/an (Tableau 6), en lien direct avec le temps de récolte plus important, notamment en cerise (20 kg/h) et plus faible sur des fruits cueillis mécaniquement, comme en prune d'Ente ou mirabelle. Les S et IC sont élevés et montrent également une grande variabilité entre les systèmes au sein d'une espèce.

Tableau 6 : Heures totales de main d'œuvre par hectare et an moyenne de CAP ReD par espèce, écart-type et intervalles de confiance.

		n	Heures totales MO/ha/an (moyenne)	Ecart-type (S)	Intervalles de confiance (IC)
Général	PFI	29	524	391	142
	ECO	36	510	409	133
Abricot	PFI	9	560	186	121
	ECO	12	574	239	135
Cerise	PFI	4	1270	376	369
	ECO	4	1359	268	263
Prune AJ	PFI	3	431	299	339
	ECO	3	635	385	435
Prune d'Ente	PFI	5	215	58	51
	ECO	5	180	48	42
Mirabelle	PFI	8	339	229	159
	ECO	12	268	206	117

Afin d'observer l'impact des systèmes sur le temps de travail, le Figure 13 présente l'indicateur heure totale/tonne commercialisée. Cette figure montre que les **systèmes ECO nécessitent plus de temps de travail pour produire une tonne de fruit que les systèmes de référence PFI**. Le temps de travail est plus important dans les systèmes ECO, tout d'abord car la production est souvent moindre, mais également lorsqu'il y a **filet et/ou bâche anti-pluie** (de 60 à 200h/ha de plus) pour enroulage et déroulage ; les systèmes ayant recours au **travail mécanique** sur le rang nécessitant environ 5 passages (10h/ha) ; les systèmes **utilisant la glu** contre les forficules (10h/ha).

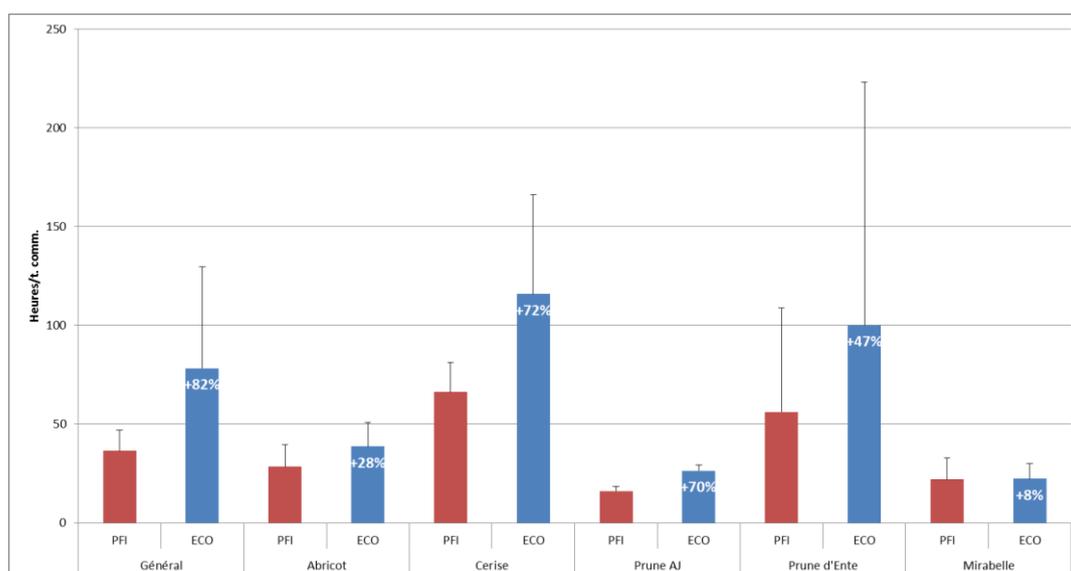


Figure 13 : Heures de main d'œuvre moyennes par tonne commercialisée par espèce. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance (IC) des moyennes des heures de main d'œuvre /tonne commercialisée au seuil de risque de 5%. Les pourcentages affichés sont les moyennes des % réductions des heures/tonne commercialisées des n systèmes x années par espèce ; ils ne correspondent pas au % de réduction des heures moyennes affichées.

Le Tableau 7 présente l'ensemble des indicateurs économiques et montre une forte variabilité de ces données entre espèces, sites, années et systèmes. Le chiffre d'affaires (CA) bord verger des systèmes par espèce est le produit du rendement commercialisé par le prix de vente bord verger. Les **CA sont en moyenne, pour toutes les espèces, plus faibles dans la partie ECO** que dans la référence, reflet d'une production moindre dans ces systèmes et non compensée par un prix de vente plus élevé des fruits dans ECO. Malgré un CA abricot plus faible que les autres espèces (environ 12 500€/ha/an), **les systèmes ECO abricot à haute densité**, tels que ceux de l'INRA de Gothon Eco3 et de SudExpe Lady Cot, présentent en moyenne les CA les plus élevés, respectivement de 25 973€/ha et 17 270€/ha, du fait d'un rendement plus important qu'en PFI.

Les coûts de production hors amortissement, présentés Tableau 7 et détaillés sur la Figure 14, montrent **l'importance du coût de la main-d'œuvre dans le coût de production** (environ 80%) par rapport aux autres coûts (notamment en cerise, 91%).

Le **coût des intrants phytosanitaires est logiquement plus faible en ECO** qu'en PFI ; notamment en cerise et prune AJ et prune d'Ente (avec un gain de 200 à 800€/ha). En revanche, en abricot, **le coût élevé de la glu et de certains biocontrôles** (confusion sexuelle contre la tordeuse et lait de chaux) **ne permettent pas d'avoir un coût d'intrants phytosanitaires plus faible dans les systèmes ECO**.

Le **coût de production** hors amortissement par kg commercialisé des systèmes ECO **est en moyenne supérieur d'environ 20%** (0.76 €/kg en ECO / 0.90 €/kg en PFI) et peut monter à 2.19€/kg pour la cerise (Tableau 7, Figure 14). Ainsi, pour couvrir les charges de production, les systèmes ECO devraient **augmenter leur prix de vente** de 0,15 €/kg de fruits en moyenne par rapport au prix des systèmes de référence.

Tableau 7 : Chiffre d'affaire bord verger, coût main d'œuvre et marge brute hors amortissement (€/ha/an), coût de production hors amortissement (€/ka) moyens de CAP ReD par espèce ; * coût de production hors amortissement = (coût MO + coût mécanisation (carburant + entretien du matériel) + coût d'approvisionnement)/Rdt commercialisé.

		n	CA bord verger (€/ha/an)	n	Coût MO (€/ha/an)	Coût produits phytosanitaires (€/ha/an)	Coût de prod. hors amort. *(€/kg)	Marge brute (MB) hors amortissement (€/ha/an)
Général	PFI	22	21 070 ±6939	19	8 882 ±3 968	780 ±129	0,76 ±0.24	11 694 ±5 928
	ECO	28	16 493 ±5030	24	8 465 ±3 112	524 ±139	0,90 ±0.32	7 681 ±3 744
Abricot	PFI	6	12 943 ±4556	6	6 281 ±1 441	903 ±200	0,71 ±0.19	3 842 ±3 770
	ECO	9	12 389 ±4768	9	6 886 ±1 874	903 ±125	0,89 ±0.20	2 953 ±3 165
Cerise	PFI	4	41 432 ±16004	4	24 519 ±5 174	1 065 ±148	1,54 ±0.36	14 504 ±11 772
	ECO	4	36 950 ±18325	4	23 906 ±3 815	258 ±116	2,19 ±1.00	11 532 ±14 872
Prune AJ	PFI	3	34 354 ±28 530	3	5 120 ±3 989	745 ±151	0,24±0.04	38 557 ±17 491
	ECO	3	26 173 ±17694	3	7 496 ±5 138	324 ±410	0,36 ±0.02	24 189 ±2 382
Prune d'Ente	PFI	3	20 328 ±6477	2	2 397 ±187	342 ±28	0,68 ±0.64	14 287 ±11 422
	ECO	3	15 913 ±5737	2	2 062 ±77	168 ±45	0,72 ±0.45	9 536 ±3 556
Mirabelle	PFI	6	9 352 ±3 222	4	3 209 ±1 052	553 ±146	0,35 ±0.14	5 933 ±3 430
	ECO	9	8 471 ±3 841	6	3 159 ±1 071	351 ±86	0,31 ±0.08	6 083 ±4 091

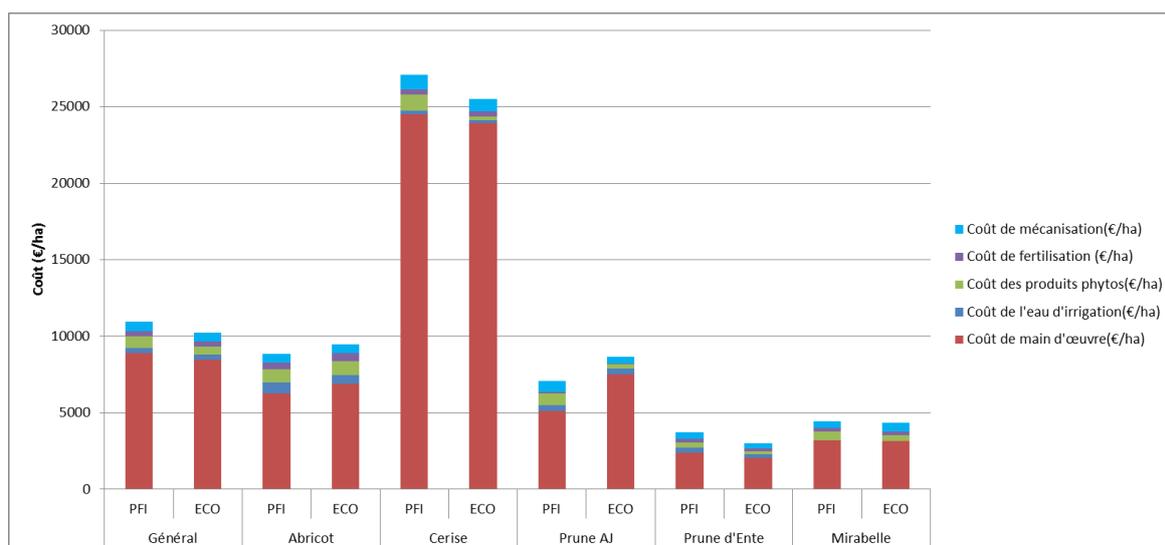


Figure 14 : Coût de production détaillé (hors amortissement) moyen (€/ha) par espèce

La marge brute (MB) hors amortissement est la différence entre CA bord verger et coût de production (Figure 15). Cet indicateur économique montre bien que **les systèmes ECO présentent en moyenne des marges brutes hors amortissement inférieures** aux systèmes de référence. Des grandes variabilités de MB hors amortissement entre espèces peuvent être également notées. L'abricot présente des MB assez faibles qui s'expliquent par un potentiel de production encore moyen pour cette espèce, lié au jeune âge des vergers.

La cerise, comme la prune d'Ente dégagent des MB intéressantes grâce à une **bonne valorisation de ces produits** (prix de vente > 2€/kg), qui permet de compenser le coût de Main d'œuvre (MO) élevé en cerise et le rendement faible en prune d'Ente. **La mécanisation de la récolte et la valorisation de l'ensemble de la production - pas ou peu de déchet -** en mirabelle et prune d'Ente permettent également de réduire le temps de MO et d'améliorer la MB.

La prune AJ, quant à elle, plantée **en biaxe ou haute densité** (1667 et 2272 arbres/ha) [comme certains systèmes abricot], présente un potentiel de rendement et une entrée en production plus importants et un coût de main d'œuvre limité, ainsi que des **MB hors amortissement supérieures**.

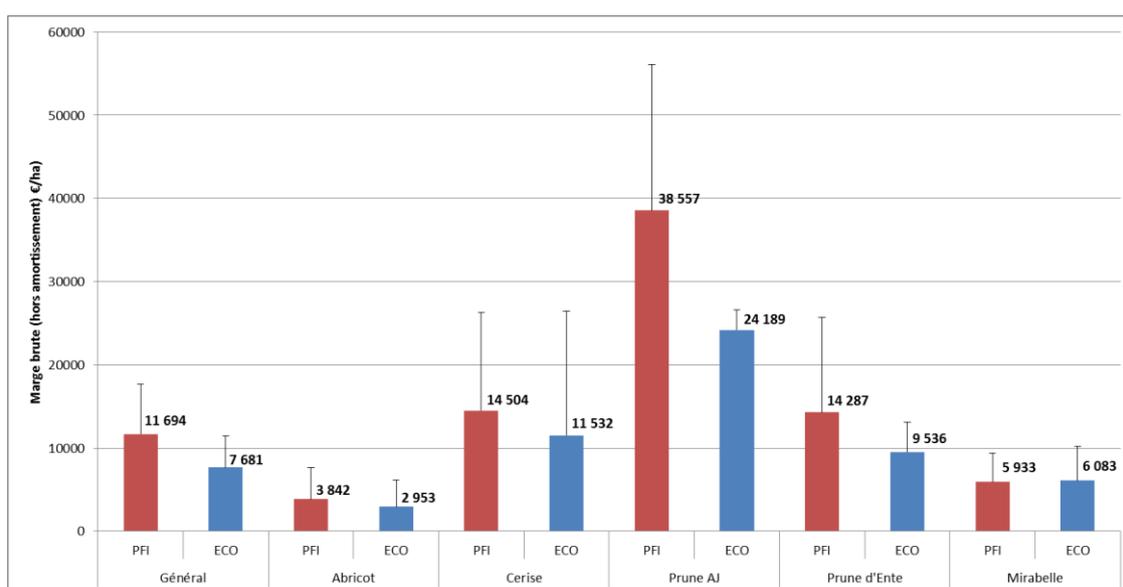


Figure 15 : Marge brute (hors amortissement) moyenne (€/ha) par espèce. Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance (IC) des moyennes au seuil de risque de 5%.

2.4 Performance des systèmes

Les systèmes de culture économes et performants économiquement (SCEP de CAP ReD) ont été identifiés selon la définition proposée par A. Garcin *et al.* (2014). Ainsi, les systèmes considérés comme très économes et performants **SCEP I** sont ceux qui sont situés au-dessous du premier quartile - de l'ensemble des données CAP ReD - pour l'IFT et au-dessus du troisième quartile pour la MB hors amortissement. Les systèmes un peu moins économes et performants **SCEP II** se trouvent au-dessous de la médiane pour l'IFT et au-dessus de la médiane pour la MB (Tableau 8, Figure 16).

Tableau 8 : Systèmes de culture économes et performants économiquement (SCEP) de CAP ReD, leur MB hors amortissement et nombre de systèmes concernés.

SCEP	IFT	MB hors amort.	Nombre de systèmes x années	
			PFI	ECO
SCEP I	< 4,5	13 070 €/ha	0	4
SCEP II	< 9	6 970 €/ha	0	12

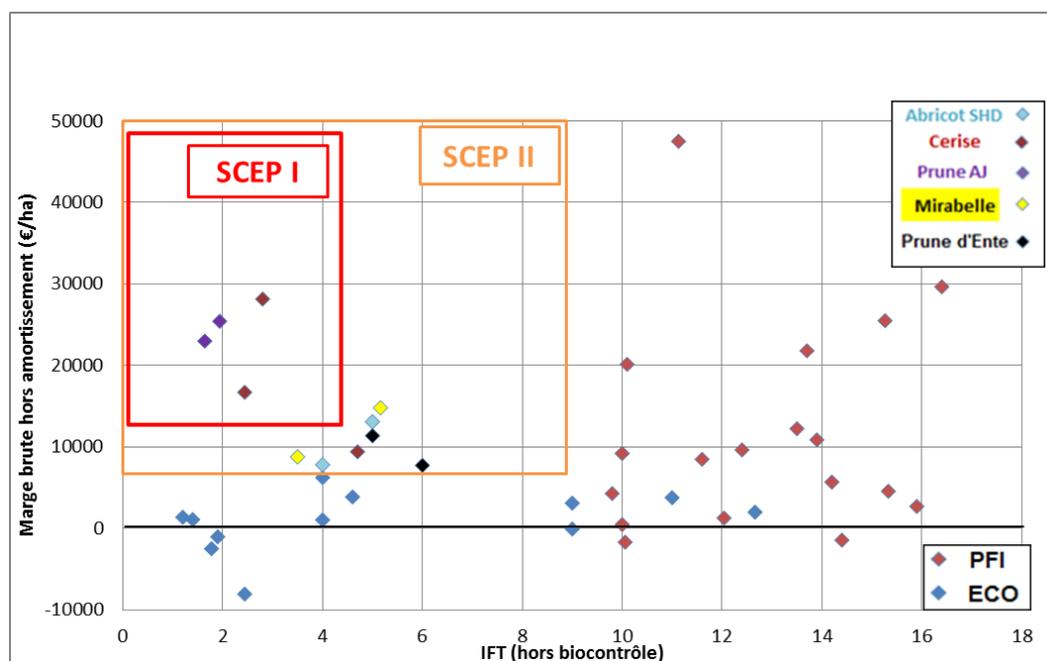


Figure 16 : Marge brute (hors amortissement) et IFT hors biocontrôle des systèmes annuels de CAP ReD, présentation des SCEP I et II.

Les 4 **SCEP I** de CAP ReD ont donc des IFT < 4.5 et des MB > 13 070 €/ha, il s'agit du **système ECO cerise de la Tapy en 2016 et 2017 et des systèmes de prune AJ** : ECO TC (variété TC Sun) et ECO Gr (variété Grenadine) de la Pugère en 2017. Tous les SCEP I sont des systèmes **sous filets et bâches en haute densité** ayant eu une forte production.

Les 11 systèmes considérés comme des **SCEP II** ont des IFT < 9 et des MB > 6 970 €/ha, il s'agit de :

- **1 système cerise haute densité avec bâche anti-pluie + filet anti-insectes ECO** de la Tapy en 2016, 2017 et 2018. Bon rendement et bonne valorisation de ce produit.
- **2 systèmes prune AJ biaxe avec bâche anti-pluie + filet anti-insectes et réduction de dose ECO TR** de la Pugère en 2017 et ECO Gr en 2017. Très fort rendement.

- **2 systèmes mirabelle** ECO 1 et ECO 2 innovants producteur de l'Arefe en 2018 ; **avec biocontrôle, impasses avec OAD**. Mécanisation d'une part de récolte et bonne valorisation de ce produit, pas de déchet.
- **1 système prune d'Ente** ECO de l'INRA Bourran/BIP en 2016 et 2018 **avec biocontrôle, impasses avec OAD**. Mécanisation de la récolte et bonne valorisation de ce produit, pas de déchet.
- **2 systèmes abricot haute densité palmette avec bâche anti-pluie** ECO3 de l'INRA de Gotheron en 2018 et **haute densité et réduction de dose** ECO50 de SudExpe en 2017. Fort rendement.

Mais les **charges d'amortissements (plantation, palissage, irrigation, filet, bâche...)**, permettant de calculer les marges nettes, n'ont pas été prises en compte jusque-là et peuvent être très importantes sur certains systèmes, comme indiqué dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Coûts d'amortissements (plantation, palissage, irrigation, filet, bâche...) de CAP ReD ; *ce surcoût lié au coût des plants plus nombreux en haute densité ou biaxe, peut être également compensé par une entrée en production plus tôt (dès la 3^{ème} feuille), non pris en compte dans les calculs où les rendements <3^{ème} feuille n'ont pas été pris en compte.

	Coût avec MO (€/ha)	Nb d'années d'amortissement
Bâche anti-pluie + filet anti-insecte	50 000 à 100 000 €	8 ans (4 à 6 ans/bâche)
Filet paragrêle	15 000€ (sans aide)	8 à 10 ans
Plantation classique abricot	8 000 et 12 000 €	10 ans
Plantation haute densité abricot	14 000 et 20 000 € *	10 ans
Bâche tissée au sol	3 000 €	9 ans

Aussi, en tenant compte de ces éléments, certains systèmes cités ci-dessus, comme SCEP, perdent une grande partie de leur performance économique et ne seraient plus considérés comme SCEP :

- **1 système cerise bâche anti-pluie + filet** ECO de la Tapy en 2016 et 2018 ayant une production trop faible (14 t/ha com.) au vu des coûts de structures.
- **2 systèmes abricot bâche anti-pluie + palmette** ECO3 de l'INRA de Gotheron en 2018 et **haute densité** Sud Expe 2017, production trop faible pour l'INRA (16.4 t/ha com.) et un prix de valorisation faible pour Sud Expe (0.7 €/ha) au vu des coûts de structures.

Ainsi, les systèmes à **haute densité (ou biaxe) sous filet anti-insectes et bâche** peuvent avoir des charges d'amortissement en moyenne de **12 000€/ha/an** par rapport à un système classique, diminuant considérablement la performance économique de ces systèmes ; **condamnés à l'ultra performance agronomique en termes de rendement et de régularité de production et à une meilleure valorisation des produits par un prix supérieur** (ex.+0.4€/kg si rendement à 30 t/ha).

2.5 Les stratégies zéro desherbage

La gestion du rang pour les différentes espèces de CAP ReD est essentielle afin d'empêcher la concurrence des adventices sur les arbres, vis-à-vis de l'eau et des nutriments nécessaire à son développement et à la production de fruits. Six différents leviers « zéro desherbage chimique » ont été testés dans CAP ReD durant les 5 années du projet, les résultats de l'efficacité de ces leviers sur les adventices, de leurs effets sur la vigueur et de leurs coûts, sont résumés sur le Tableau 10.

Dans certains systèmes (comme à la Centrex), les choix techniques pour entretenir le rang des arbres avec des **couverts herbacés ou du mulch dès l'installation des jeunes vergers**, ont entraîné de **fortes concurrences et impacté durablement le potentiel de production**.

Ainsi, les deux solutions alternatives les plus efficaces ayant permis d'atteindre le zéro désherbant sans compromettre le potentiel de l'arbre sont : (i) **Le désherbage mécanique**, mais il faut choisir et investir dans la bonne combinaison de machines et du personnel dédié, (ii) **La bâche tissée**, très intéressante sur jeunes vergers reste à confirmer sur la longévité et à intégrer dans le recyclage de ce type de produit.

Tableau 10 : Efficacité des différents leviers « zéro désherbage chimique » testés dans CAP ReD.

Leviers	Effet / vigueur – production	Coût du levier *	Efficacité/ adventices	Inconvénients du levier
Désherbage chimique		160 €/ha		Pollution des eaux souterraines Toxicité faune du sol Développement de résistance/adventices Interdiction de produits et perte d'efficacité
Mulch : BRF	/jeunes	1 730 €/ha		Difficulté d'approvisionnement et coût BRF Coût et temps d'épandage annuel Repousse si pas assez d'épaisseur Faim d'azote les 1 ^{ère} années
Enherbement verger	/jeunes	118 €/ha		Concurrence importante, attention jeune verger 3 à 5 tontes nécessaires Pérennité des espèces semées
Travail du sol		295 €/ha		Repousse, plusieurs passages (4-6) Tractoriste qualifié et investissement/outil Suspendre son irrigation Effet négatif /racines et vie du sol
Bâche tissée		316€/ha		Repousse herbe au pied ou sur bâche Repousse herbe à la limite de la bâche Moins bonne répartition de l'engrais solide
Foin luzerne		1 304€/ha		Pas assez couvrant, se dégrade vite Travail manuel trop coûteux (mécanisation ?) Salit la glu/forficules Apport d'azote très intéressant
Désherbage biocontrôle Belouhka®		449€/ha		Produit peu efficace, repousse rapide Nouveaux produits ou formulation ? En complément d'un travail du sol ?

😊 ☹️ ; * Prise en compte du coût mécanisation dont amortissement du matériel

Conclusion

Les résultats obtenus sur la période 2013-2018 dans le projet CAP ReD confirment la possibilité d'une forte réduction **-58 %** des IFT hors biocontrôle dans les systèmes ECO (de 12.2 à **5.1**) en cerise, abricot et prune ; sans recours aux herbicides dans la majorité des systèmes. Cette réduction **est variable selon les espèces**, plus importante sur la cerise et la prune AJ, grâce à des leviers forts comme le **filet anti-insectes** ; plus complexe sur la réduction **des fongicides**, qui restent « dominants » à 63% des IFT.

Les **biocontrôles** sont assez faiblement utilisés et malheureusement peu efficaces sur **ECA et monilia** qui sont des verrous majeurs encore problématiques dans les systèmes ECO abricot et prune. Aussi cette forte réduction a été atteinte grâce à une combinaison de leviers : **méthodes culturales, barrières physiques, impasse de traitements par raisonnement et réduction de doses**. Les deux leviers les plus efficaces pour produire sans désherbant sont le **désherbage mécanique** et la **bâche tissée**. CAP ReD nous a montré que les couverts herbacés ou mulch sur le rang dès l'installation des jeunes vergers, entraînent de fortes concurrences et **impactent durablement** le potentiel de production.

Dans les systèmes ECO, le **rendement commercialisable est diminué (-19 %)**, sauf sur les systèmes à **haute densité et biaxe** (certains abricots et prunes AJ) qui entrent aussi plus vite en production en haute densité ou biaxes préformés seulement. Cette baisse s'explique par une **quantité plus faible de fruits** produits dans les systèmes ECO, liée à des facteurs ayant affecté le fonctionnement global des arbres, comme l'alimentation hydrominérale impactant la **croissance végétative, la formation des jeunes arbres et la vigueur**. De plus les systèmes ECO présentent souvent **plus de déchets** sauf pour ceux ayant un **filet anti-insectes, paragrêle et/ou bâche anti-pluie**. Le **calibre** est plus important dans les systèmes où le rendement est plus faible comme dans la majorité des systèmes ECO. La **qualité** gustative (sucre, acide et fermeté) des fruits est la même dans les systèmes ECO et PFI.

Les **systèmes ECO** nécessitent **plus de temps travail pour produire une tonne de fruit** conséquence d'une production moindre, d'un travail manuel plus important (ex. : déroulage des filets, désherbage mécanique, pose de la glu...). Aussi les **chiffres d'affaires** sont en moyenne **plus faibles** et le **coût de production** hors amortissement par kg commercialisé **supérieur de 20%** (surcoût de 0,15 €/kg). Ainsi les systèmes ECO présentent en moyenne des **marges brutes hors amortissement inférieures** aux systèmes de référence, sauf les systèmes abricot en haute densité et biaxe. En revanche les **charges d'amortissement sont très élevées** (+12 000€/ha/an) pour ces systèmes à haute densité, biaxe, sous filet anti-insectes et bâche.

Le projet CAP ReD a permis de mettre en avant des systèmes économe et performants (SCEP) : 4 SCEP I et 12 SCEP II, il s'agit des **systèmes avec filets anti-insectes, bâche anti-pluie, haute densité/biaxe, réduction de dose, utilisation d'OAD ou ayant une valorisation industrielle avec récolte mécanisée et sans déchet**.

Ainsi, des solutions techniques existent pour diminuer les produits phytosanitaires, mais elles passent par une **augmentation de la prise de risque** et donc la nécessité d'être encore plus performant autour des 3 piliers : **rendement, heures de main-d'œuvre et prix de vente**. Le rendement peut être augmenté par une densification de la production et une diminution des pertes (filets, bâches...). Les heures de main-d'œuvre (essentiellement liées à la récolte en fruits à noyau) peuvent être limitées dans des systèmes où la valorisation se fait en industrie (prune d'Ente et mirabelle), grâce à la mécanisation de la récolte, mais reste très difficile pour les espèces valorisées en frais (cerise, abricot, prune AJ). Aussi, la **valorisation marchande des efforts de réduction des pesticides** dans les systèmes ECO est un pilier majeur pour le développement de ces systèmes innovants.

Des actions de communication pour sensibiliser les acheteurs de la grande distribution ont d'ailleurs été réalisées conjointement par les acteurs des projets CAP ReD et EcoPêche avec l'Association d'Organisation de Producteurs Pêches et Abricots de France (Coord. Millan, Plénet et Martinez, 2017).

Les systèmes BIO non étudiés dans CAP ReD permettaient d'activer ce pilier, comme d'autres labels tels que le « zéro résidu ». Il est donc nécessaire de poursuivre l'évaluation de systèmes ECO en abricot, cerise et prune, pour renforcer et poursuivre les résultats obtenus dans CAP ReD de 2013 à 2018. Ceci sera réalisé dans le cadre de deux projets du plan EXPE 2 de Dephy EcoPhyto : le projet abricot MIRAD et le projet prune multi-espèces PRUMEL, où des systèmes BIO, « zéro résidu » et de nouveaux leviers seront étudiés.

Références bibliographiques

Agreste, 2018 (Cretin L., Triquenot A.). Apports de produits phytopharmaceutiques en arboriculture : nombre de traitements et indicateur de fréquence de traitements. Agreste Les Dossiers, Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, août 2018, n° 43, 27 p.

Garcin A., Sagnes J.L., Montagnon J.M., Munier-Jolain N., Abiven F., 2014. Le réseau de fermes Dephy Ecophyto en arboriculture 2014, INFOS CIL, n°302.

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

Labeyrie B., Sagnes J.-L., Castel L., Dubreuil N., Kreiter P., Millan M., Plénet D., Simon S., Zavagli F., Rougier M., Emonet E., Longis S., Brun V., 2018. Réseau DEPHY EXPE : synthèse des résultats à l'échelle nationale – filière Arboriculture. Cellule d'Animation Nationale DEPHY Ecophyto, 64 p.

Meynard J.M., 2008. Produire autrement : réinventer les systèmes de cultures. In : Reau R. et Doré T. (Eds.), *Systèmes de culture innovants et durables*, Editions educagri. pp. 11-27.

Meynard J.-M., 2012. La reconception est en marche ! Conclusion au Colloque « Vers des systèmes de culture innovants et performants : De la théorie à la pratique pour concevoir, piloter, évaluer, conseiller et former » ». *Innovations agronomiques*, N° 20, 143, 53.

Millan M., Plénet D., Martinez R., (Coord.) 2017. Projet EXPE EcoPêche et CAP ReD. A la recherche de systèmes très économes en produits phytosanitaires. Flyer de 4 p., réalisé dans le cadre de la journée 23 mars 2017 destinée aux acheteurs de la Grande et Moyenne Distribution.

Plénet D., Simon S., 2015. Une démarche de conception et évaluation de systèmes de culture pour des vergers plus durables. *Sciences Eaux & Territoires* 16, 58-63.

Simon S., Plénet D., Alaphilippe A., Guillermin P., 2013. Méthodologie de l'approche système en arboriculture fruitière. INRA Gotheron.

Simon S., Plénet D., Alaphilippe A., Guillermin P., 2014. Méthodologie de l'approche système en arboriculture fruitière : partage d'expériences. Séminaire du 6 Novembre 2013, Inra Gotheron, Saint Marcel-lès-Valence, Edition INRA, octobre 2014, 21 p.

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).