HAL
open science

Ecophyto R&D. Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1. Tome IV : Analyse comparative de différents systèmes en arboriculture fruitière

Benoit B. Sauphanor, Carole Dirwimmer, Therese Volay, Sophie Boutin, Anne-Lise Chaussabel, Nathalie Dupont, Joel Fauriel, Valérie Gallia, Nicolas Lambert, Eric Navarro, et al.

To cite this version:

Benoit B. Sauphanor, Carole Dirwimmer, Therese Volay, Sophie Boutin, Anne-Lise Chaussabel, et al.. Ecophyto R&D. Vers des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires. Volet 1. Tome IV : Analyse comparative de différents systèmes en arboriculture fruitière. [Rapport de recherche] INRA; Ecophyto. 2009. hal-02824552

HAL Id: hal-02824552

https://hal.inrae.fr/hal-02824552

Submitted on 6 Jun 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 4.0 International License

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
Direction de l'eau et biodiversité

Sous-direction de la protection et de la gestion des ressources en eau
Bureau des ressources naturelles et de l'agriculture

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE

Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et du développement durable
Sous-direction de la biomasse et de l'environnement

Bureau des sols et de l'eau

ECOPHYTO R&D

VERS DES SYSTEMES DE CULTURE ECONOMES EN PRODUITS PHYTOSANITAIRES

VOLET 1

TOME IV : ANALYSE COMPARATIVE DE DIFFERENTS SYSTEMES EN ARBORICULTURE FRUITIERE

Janvier 2009

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DE L'ENERGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
Direction de l'eau et biodiversité

Sous-direction de la protection et de la gestion des ressources en eau
Bureau des ressources naturelles et de l'agriculture

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE

Direction générale des politiques agricole, agroalimentaire et du développement durable
Sous-direction de la biomasse et de l'environnement

Bureau des sols et de l'eau

Le présent document constitue le tome IV relatif à l'arboriculture fruitière d'une étude financée :
» par le Ministère de l'agriculture et de la pêche via le programme 215 – sous action 22,
» et par le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire

INRA

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AUTEURS ET EDITEURS DE CE TOME

Auteurs
Sauphanor Benoît et Dirwimmer Carole, INRA Avignon, Plantes et Systèmes de culture Horticoles

et, par ordre alphabétique
Boutin Sophie, Bayer Crop Sciences, Lyon
Chaussabel Anne-Lise, Chambre d'Agriculture de la Drôme
Dupont Nathalie, IFPC
Fauriel Joël, INRA Avignon
Gallia Valérie, Chambre d'Agriculture du Gard, SERFEL
Lambert Nicolas, Perlim
Navarro Eric, CETA de la Crau
Parisi Luciana, INRA Avignon, unité expérimentale de recherche intégrée, Gotheron
Plenet Daniel, INRA Avignon, Plantes et Systèmes de culture Horticoles
Ricaud Vincent, Chambre d'Agriculture du Vaucluse
Sagnes Jean-Louis, Chambre d'Agriculture Tarn et Garonne
Sauvaitre Daniel, Section Nationale Pomme (SNP)
Simon Sylvaine, INRA Avignon, unité expérimentale de recherche intégrée, Gotheron
Speich Pierre, SRPV Lyon
Zavagli Franziska, CTIFL Lanxade

Responsables scientifiques
Stengel Pierre, Directeur scientifique ECONAT, INRA
Lapchin Laurent, Directeur scientifique adjoint ECONAT, INRA
Dedryver Charles-Antoine, coordinateur du volet 1, INRA

Coordination éditoriale
Volay Thérèse, IE, INRA Rennes, Biologie des organismes et des populations appliquée à la protection des plantes

SOMMAIRE

INTRODUCTION **1**

1. Méthode d'étude 3
   1. 1. Les cultures considérées 3
   1. 2. Les niveaux de rupture 4
   1. 3. Zonages géographiques retenus (milieux, pressions, représentativité) 6
   1. 4. Données mobilisées 8
   1. 5. Indicateurs de performance (agronomique, économique, environnementale) et de pression d'utilisation des produits phytosanitaires 9

2. Performances des niveaux de rupture pour les vergers de pommiers 13
   2. 1. Principaux ravageurs des pommiers et modes de traitements 13
   2. 2. Niveau 1 : cultures conventionnelles actuelles 14
   2. 3. Niveau 2a : technique limitant le risque ravageur 17
   2. 4. Niveau 2b : technique limitant les risques maladie 20
   2. 5. Niveau 2c : combinaisons de techniques 21
   2. 6. Niveau 3 : agriculture biologique 24
   2. 7. Comparaison des niveaux de rupture 26
   2. 8. Tentative d'extrapolation au verger de pommier national 29
   2. 9. Comparaison des niveaux de rupture : exemple du dispositif BioREco de l'INRA Gotheron 30
   2. 10. Autres techniques ou modes de culture moins dépendants en produits phytosanitaires 32
   2. 11. Bilan carbone 34

3. Performances des niveaux de rupture pour les vergers de pêchers 37
   3. 1. Principaux ravageurs et maladies des pêchers 37
   3. 2. Niveau 1 : cultures conventionnelles actuelles 38
   3. 3. Niveau 2a : technique limitant les risques ravageur 38
   3. 4. Niveau 2b : technique limitant les risques maladie 38
   3. 5. Niveau 2c : combinaison de techniques 39
   3. 6. Niveau 3 : agriculture biologique 39

4. Discussion et perspectives 41
   4. 1. Limites, difficultés 41
   4. 2. Perspectives de réduction de l'usage des phytosanitaires en arboriculture 42

CONCLUSION **49**

ANNEXES **51**

BIBLIOGRAPHIE ..... **II**

RESUME ..... **VI**

ABSTRACT ..... **VI**

ANNEXES

1) Liste des abréviations I

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Tableau 1: principales régions de production de pommes de table en 2006 3
Tableau 2: principaux départements de production de pêches et nectarines 4
Tableau 3: niveaux de rupture pour l'arboriculture fruitière 4
Tableau 4: structure des différents bassins de production de la pomme de table en 2006 7
Tableau 5: surfaces en agriculture biologique (pêches, nectarines, pavies, 2006) 7
Tableau 6: nature et provenance des données utilisées pour l'expertise (pommes) 8
Tableau 7: rendements pour une année moyenne, dires d'experts 10
Tableau 8: liste des molécules extraites du PIRPP et du Projet de liste 3 du Grenelle dont les ventes devraient être réduites de 50 % d'ici fin 2009 à 2012 12
Tableau 9: IFT moyens niveau 1 à partir des calendriers de traitement 15
Tableau 10: IFT moyens niveau 1 par bassin de production 15
Tableau 11: indicateurs agro-environnementaux moyens Golden Delicious niveau 1 16
Tableau 12: coûts de protection moyens pour le niveau 1 16
Tableau 13: IFT moyens niveau 2a à partir des calendriers de traitement 18
Tableau 14: IFT moyens niveau 2a par bassin de production 19
Tableau 15: indicateurs agro-environnementaux moyens Golden Delicious niveau 2a 19
Tableau 16: coûts de protection moyens pour le niveau 2a 19
Tableau 17: IFT moyens niveau 2c à partir des calendriers de traitement 22
Tableau 18: IFT moyens par bassin de production pour le niveau 2c 22
Tableau 19: indicateurs agro-environnementaux moyens pour les parcelles de niveau 2c 23
Tableau 20: coûts de protection moyens à partir des calendriers de traitement pour le niveau 2c 23
Tableau 21: IFT moyens niveau 3 à partir des calendriers de traitement pour des variétés sensibles à la tavelure 24
Tableau 22: IFT moyens niveau 3 à partir des calendriers de traitement pour des variétés résistantes à la tavelure 24
Tableau 23: IFT moyens par bassin de production pour le niveau 3 (non renseignés pour le Val de Loire) 25
Tableau 24: indicateurs agro-environnementaux moyens sur quelques parcelles 25
Tableau 25: coûts de protection moyens pour le niveau 3 (variétés sensibles et résistantes) 25
Tableau 26: IFT moyens pour les différents niveaux de rupture 29
Tableau 27: surfaces relatives des bassins de production et niveaux de rupture 29
Tableau 28: IFT moyens en vergers de pommiers à l'échelle nationale, par niveau de rupture 29
Tableau 29: correspondances BioREco / Ecophyto R&D 30
Tableau 30: IFT pour le dispositif BioREco saisons 2007 et 2008 31
Tableau 31: traitements en verger de pêcher, niveau 1 (dires d'experts) 38
Tableau 32: traitements en verger de pêcher niveau 3 (dires d'experts) 39

Figure 1: bassins de production de la pomme de table retenus pour l'expertise 6
Figure 2: IFT insecticides moyens dans les principaux bassins de production 27
Figure 3: IFT fongicides moyens dans les principaux bassins de production 27
Figure 4: IFT totaux moyens dans les principaux bassins de production 27
Figure 5: I-PHYarbo indicatif pour les parcelles étudiées 28
Figure 6: coûts de protection moyens au kilo de pommes 28
Figure 7: IFT moyens 2006-2008 avec herbicides et éclaircissants, dispositif BioREco 31
Figure 8: I-PHYarbo moyen 2006-2008 avec herbicides et éclaircissants, dispositif BioREco 31
Figure 9: Pink® Lady en PFI, étant en confusion sexuelle ou filet 32
Figure 10: Juliet® en bio, étant en confusion sexuelle ou filet 32
Figure 11: comparaison des I-PHYarbo confusion ou filet 33

INTRODUCTION

Groupe « Pommes »
Boutin Sophie, Bayer Crop Sciences, Lyon
Dupont Nathalie, IFPC
Lambert Nicolas, Perlim
Parisi Luciana, INRA Avignon, unité expérimentale de recherche intégrée, Gotheron
Ricaud Vincent, Chambre d'Agriculture du Vaucluse
Sagnes Jean-Louis, Chambre d'Agriculture Tarn et Garonne
Sauphanor Benoît, INRA Avignon, Plantes et Systèmes de culture Horticoles
Sauvaitre Daniel, Section Nationale Pomme (SNP)
Simon Sylvaine, INRA Avignon, unité expérimentale de recherche intégrée, Gotheron
Speich Pierre, SRPV Lyon
Zavagli Franziska, CTIFL Lanxade

Groupe « Pêches »
Chaussabel Anne-Lise, Chambre d'Agriculture de la Drôme
Fauriel Joël, INRA Avignon
Gallia Valérie, Chambre d'Agriculture du Gard, SERFEL
Navarro Eric, CETA de la Crau
Plenet Daniel, INRA Avignon, Plantes et Systèmes de culture Horticoles
Sauphanor Benoît, INRA Avignon, Ecodéveloppement
Speich Pierre, SRPV Lyon

Coordination
Benoît Sauphanor, réalisation Carole Dirwimmer, INRA Avignon, Plantes et Systèmes de culture Horticoles

En France, l'arboriculture fruitière est un secteur de production assez peu important en superficie à l'échelle du territoire national (1% de la SAU[1] ; 4 % de la valeur de la production agricole totale) mais non négligeable dans certains bassins de production et sur le plan économique. Elle présente aussi un certain nombre de spécificités qui en font un secteur original au regard de la manière dont se posent les problèmes d'environnement, et dont ils sont traités. Les fruits jouissent d'une image très positive auprès des consommateurs. Pourtant l'arboriculture utilise beaucoup de produits phytosanitaires : en moyenne en 1997, le verger de pommiers recevait annuellement 28.1 traitements insecticides, acaricides et fongicides (Codron *et al*, 2002). En 2007, on évoque le chiffre de 35.4 traitements (enquête nationale confidentielle). Malgré l'homologation de techniques alternatives ou limitant l'utilisation de produits phytosanitaires, ces chiffres pourraient traduire l'érosion de leur efficacité et la plantation de variétés sensibles aux maladies et aux ravageurs.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides 2006-2009 publié le 6 juin 2006. Il vise à déterminer la faisabilité d'une politique volontariste de réduction du recours aux pesticides assortie d'objectifs chiffrés, par système de culture.

L'objectif est ici de calculer différents indicateurs permettant d'évaluer différents scénarios possibles de réduction de la dépendance aux pesticides de l'arboriculture fruitière (volet 1).

[1] SAU : Surface Agricole Utile

1. METHODE D'ETUDE

La méthode de travail a été définie pour les différentes cultures par le groupe « Méthodes » de l'expertise ECOPHYTO R&D (Cf. Tome I : méthodologie générale), avec la proposition de niveaux de rupture et d'indicateurs. Ces niveaux et indicateurs ont été adaptés au verger puis décrits par les experts mandatés pour le groupe « Arboriculture », qui ont également été chargés de la collecte des données.

1. 1. Les cultures considérées

Les vergers de pommiers (pommes de table) et de pêchers (pêches, nectarines et pavies) représentent 31.8 et 11.3 % des 139 794 ha du verger français (Agreste – Enquête sur la structure des vergers 2007). Au vu de leur place dans l'arboriculture française, de leur consommation en pesticides et de la relative disponibilité des données, ces deux cultures ont été retenues pour l'étude. Davantage de renseignements sont toutefois disponibles pour la pomme.

1. 1. 1. La pomme

Le verger de pommiers français occupe une surface de 44 547 ha pour une production de 1 706 774 tonnes (Agreste 2006). Cette surface est en constante diminution, elle était de 52 800 ha en 2002 et de 54 515 ha en 1998 (Agreste), soit une réduction de 18% en 10 ans. Le tableau 1 précise les principales zones de production de France Métropolitaine en 2006.

Tableau 1: principales régions de production de pommes de table en 2006

	Sud-Est	Vallée du Rhône, Alpes	Vallée de la Garonne	Val de Loire	Périgord	Région parisienne, Alsace, Nord	Total
Surface (ha)	8 731	7 522	8 495	10 864	5 084	1 953	**44 547**
Production (t)	258 839	218 462	309 333	407 468	170 152	49 204	**1 706 774**

Source : Agreste 2006, SCEES 2006

Compte tenu du caractère très fragmentaire des données disponibles, et pour faciliter la comparaison entre régions et niveaux de rupture, l'analyse privilégie les parcelles plantées en variété Golden Delicious (32.5 % de la surface des pommiers plantés en 2006 selon la Section Nationale Pomme).

Des données complémentaires sont exploitées :

- Dans le cas où la taille de l'échantillon le permet (parcelles du réseau de références PFI[2] La Pugère, de la zone d'étude 13), ou si les parcelles sont comparables, il est possible de dégager l'effet des groupes variétaux (classes de précocité notamment)
- Pour les variétés résistantes ou peu sensibles à la tavelure et pour lesquelles l'itinéraire technique est adapté aux choix de plantation et représente un niveau de rupture.

Les analyses réalisées à partir des données mises à disposition sont validées par le groupe d'expert, sur la base de leur connaissance des situations régionales ou de données confidentielles auxquelles ils ont accès mais qui ne peuvent être incluses dans l'étude.

[2] PFI : Production Fruitière Intégrée

1. 1. 2. La pêche

Le verger de pêchers français est composé de pêches et nectarines à chair blanche ou jaune et de pavies (pêches destinées exclusivement à l'industrie de la transformation). Il occupe en 2006 une surface de 16 587 ha (source Agreste) pour une production de 391 645 tonnes. Cette surface est en nette diminution, elle était de 21 819 ha en 2002 et de 23 786 ha en 1998, soit une réduction de 29% en moins de 10 ans, notamment au profit du kiwi et des abricotiers.

Les nectarines représentent 46.6 % de la production (contre 47.5 % pour les pêches), leur surface relative tend à progresser.

Le tableau 2 montre les principaux départements de production en France métropolitaine.

Tableau 2: principaux départements de production de pêches et nectarines

	Gard	Bouches du Rhône	Drôme	Pyrénées Orientales	France
Surface (ha)	2 154	2 499	2 734	3 982	**16 587**
Production (t)	46 907	57 144	55 607	89 040	**391 645**

Source : Agreste 2006, SCEES 2006

Il existe une très large gamme de précocité, avec des récoltes s'échelonnant de fin mai à mi septembre, et ce pour tous les types de pêches. De ce fait, on trouve plus de 400 références variétales pour cette culture dans le catalogue officiel français.

1. 2. Les niveaux de rupture

Les niveaux de rupture généraux proposés dans le cadre d'ECOPHTYO R&D par le groupe « Méthodes » ont été tout d'abord adaptés à l'arboriculture fruitière. Ces adaptations prennent en compte le fait que les assolements (fixant les déclinaisons du niveau 2 en grandes cultures) ne sont pas accessibles aux cultures pérennes, et que des techniques offrant une alternative à l'utilisation des pesticides chimiques font déjà l'objet d'une large adoption en arboriculture.

L'avis des experts sur les pratiques de protection du verger de pommiers et de pêchers conclut tout d'abord que le niveau 0 (« pas de limite du recours aux produits phytosanitaires » ce qui correspondrait à des interventions phytosanitaires systématiques effectuées sur la base d'un calendrier régulier) est faiblement représenté dans le verger français, il prévalait il y a 15 ou 20 ans. En effet, il est par exemple impossible de réguler la tavelure sans un minimum de raisonnement des interventions (ne serait-ce que vis-à-vis de la météo). D'après la SNP, pour la campagne 2006-2007, 25 946 ha de vergers de pommiers (soit 58% du verger français) étaient installés et en conformité avec la charte nationale Production Fruitière Intégrée, donc répondant a minima aux normes de l'agriculture raisonnée. C'est ce qui est retenu comme niveau 1.

Les combinaisons de stratégies arrêtées pour cette phase de l'analyse se déclinent en 3 principaux niveaux de rupture (tableau 3) pour lesquels des données permettant de renseigner une partie des indicateurs retenus sont partiellement disponibles.

Tableau 3: niveaux de rupture pour l'arboriculture fruitière

Niveau 1		Raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques	*Agriculture raisonnée*
Niveau 2	**a**	Technique alternative limitant les risques « ravageur »	*Agriculture intégrée*
	b	Technique alternative limitant les risques « maladie »	
	c	Combinaison de techniques	
Niveau 3		Suppression de tout traitement de synthèse (conversion AB)	*Agriculture biologique*

Niveau 1. Ce niveau intègre la définition des périodes de risque à l'échelle régionale (avertissements agricoles du SRPV) pour certains bio-agresseurs, information parfois complétée par une estimation des périodes et de l'intensité du risque à l'échelle de la parcelle. Un raisonnement des traitements sur la base de seuils d'intervention est appliqué à certains ravageurs (acariens), ou fonction des stades de sensibilité du végétal. Le niveau 1 peut être difficile à discerner du niveau 0, écarté pour les cultures fruitières, car dans certaines régions le raisonnement de la protection contre un bio-agresseur particulier recommande l'application de traitements préventifs s'assimilant à une lutte sur calendrier (pucerons), ou un renouvellement régulier des interventions phytosanitaires sur l'ensemble de la période de risque (tavelure, carpocapse).

Niveau 2. Ce niveau de rupture vise à réduire le recours aux pesticides en associant au raisonnement de la protection chimique des méthodes de protection alternatives. Celles retenues dans le cadre de cette analyse sont orientées spécifiquement sur les deux principaux ennemis du pommier (le carpocapse et la tavelure) et du pêcher (la tordeuse orientale).

Niveau 2a. Technique limitant le « risque ravageur ». La pénétration de la confusion sexuelle contre le carpocapse *Cydia pomonella* concerne aujourd'hui plus de 40 % des surfaces en pommes et en poires au niveau national. 40 à 50 % des surfaces en pêches sont aujourd'hui en confusion contre la tordeuse orientale *Cydia molesta*. L'impact de la substitution de la lutte chimique exclusive contre le carpocapse et la tordeuse orientale par la confusion peut donc être évalué à grande échelle, voire être régionalisé. Les autres techniques contre un ravageur de la culture, également éligibles à ce niveau de rupture, ne peuvent pour l'instant être évaluées avec autant de précision dans le cadre de cette étude et dans les délais impartis. En effet, le manque de recul et de recensement des données (filets anti-carpocapse, à propos desquels quelques éléments seront tout de même apportés), ou bien l'absence de synthèse sur leurs impacts en matière de réduction des intrants chimiques (lâchers d'auxiliaires, lutte microbiologique) limitent leur expertise.

Niveau 2b. Technique limitant le « risque maladie ». Comme pour le précédent, ce niveau de rupture intégrait initialement différentes voies de réduction du recours aux fongicides chimiques, incluant les méthodes prophylactiques destinées à réduire l'inoculum. Il s'avère que si de telles méthodes permettent de réduire les pertes parasitaires en situation de forte pression, la diminution des traitements qu'elles pourraient induire est encore en cours d'expérimentation et n'a pas été encore validée en toutes situations.

Ce niveau intègre donc uniquement l'utilisation des variétés résistantes. Du fait d'une faible implantation des variétés résistantes à la tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*) sur le territoire national (moins de 2 % des surfaces), et de l'absence de variétés commerciales résistantes à la cloque (*Taphrina deformans*) ou à l'oïdium (*Sphaerotheca pannosa*) pour les pêchers, les références technico-économiques ne sont actuellement mobilisables qu'à partir des travaux conduits sur des domaines ou des réseaux expérimentaux.

La séparation des niveaux 2a et 2b est surtout justifiée par le caractère régional des attaques parasitaires. Pour la pomme, davantage de maladies dans le Val de Loire et le Sud-Ouest, plus de dégâts d'insectes dans le Sud-Est. Pour la pêche, il y a davantage d'oïdium en bordure méditerranéenne (Bouches du Rhône et Pyrénées Orientales) et moins de thrips en Rhône-Alpes.

Niveau 2c. Ce niveau combine un ensemble de procédés de régulation (techniques culturales, mesures de prophylaxie, techniques alternatives) permettant de réduire le recours aux pesticides. Quelques essais de systèmes de conduite sur des domaines expérimentaux sont mobilisables ou en cours d'évaluation, de même que certaines initiatives de réseaux locaux. La diversité des combinaisons de méthodes utilisées, dont l'impact individuel (agencement spatial des espèces / variétés / cultures fruitières, implantation, porte-greffe et conduite de l'arbre, mesures prophylactiques, haies composites, refuges d'auxiliaires, nichoirs, pouvant aller jusqu'à la re-conception du verger) n'est souvent que partiellement connu et évalué, fait qu'il est difficile de prédire l'économie d'intrants que représenterait l'application de ce niveau de rupture. Les premières données sur le concept de verger en haie alternée en pêche (Ctifl Centre de Balandran) seront disponibles fin 2008. Le

niveau 2c est clairement axé sur une démarche préventive, visant à maintenir les bio-agresseurs en deçà des seuils de nuisibilité économique tout en rendant le système moins favorable à leur développement et moins sensible à leurs dégâts.

Niveau 3. Il se réfère au cahier des charges de l'agriculture biologique (AB) et à des règles d'action imposant une interdiction stricte du recours à des intrants dits de synthèse industrielle. Le nombre d'applications des intrants de substitution n'est pas limité, à l'exception du cuivre pour lequel la limitation règlementaire des quantités totales appliquées limite de fait le nombre d'interventions cupriques (6kg/ha/an). La pénétration de l'AB en cultures fruitières reste faible en France (environ 2 % de la surface des pommiers et des pêchers). Si la règle pour ce niveau de rupture est la simple substitution des intrants, l'adhésion au cahier des charges AB est souvent associée à une démarche de re-conception du verger, décrite à travers les recommandations mêmes de ce cahier des charges ainsi que dans la définition de l'AB (IFOAM[3]).

Lors du chiffrage de ce niveau de rupture, on tient compte autant que faire se peut de l'utilisation ou non de variété résistante.

Au-delà du cadre étroit de cette catégorisation, établie pour permettre une hiérarchisation des dépendances des systèmes aux pesticides chimiques, il reste toutefois important de considérer qu'il existe une grande diversité et variabilité des pratiques au sein de chaque niveau de rupture ainsi défini.

1. 3. Zonages géographiques retenus (milieux, pressions, représentativité)

1. 3. 1. Vergers de pommiers

Trois grands bassins de production représentatifs du verger français en pommes de table ont été retenus : le Sud-Est (Provence Alpes Côte d'Azur, Rhône-Alpes, Languedoc Roussillon), le Sud-Ouest (Pyrénées-Orientales, Midi-Pyrénées, Aquitaine, Limousin) et le Val de Loire (Centre, Pays de la Loire, Poitou-Charentes), décrits sur la figure 1. Ces bassins représentent 90% de la surface du verger de pommes de table français, pour 87 % de la production française.

(Source SCEES 2006).

Rouge : bassin Sud-Est ;
Violet : bassin Sud-Ouest ;
Vert : bassin Val de Loire

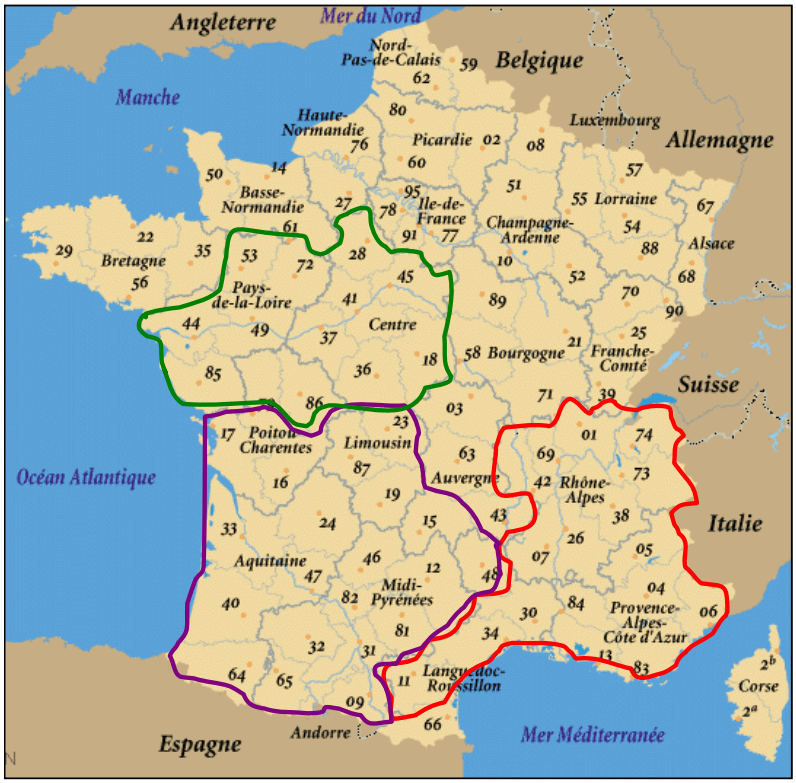

Figure 1: bassins de production de la pomme de table retenus pour l'expertise

[3] IFOAM : International Federation of Organic Agriculture Movements

Pour chacun de ces bassins, on connaît la pénétration des techniques citées dans les niveaux de rupture, à savoir la confusion sexuelle, l'utilisation de variétés résistantes à la tavelure, et l'agriculture biologique (Tableau 4).

Tableau 4: structure des différents bassins de production de la pomme de table en 2006

Bassin	Surface en production (ha)	Production (t)	% de la surface en confusion sexuelle (pommes+ poires)	% de la surface en agriculture biologique	% de la surface plantée avec des variétés résistantes
Sud-Est	16 253	477 301	32,5 %	1,8 %	0,5 %
Sud-Ouest	13 579	479 485	42,5 %	1,4 %	1,9 %
Val de Loire	10 864	407 468	44 %	3,4 %	2 ,8 %
Total France	42 852	1 676 000	40 %	2,1 %	1,6 %

Sources : confusion : A. Cazenave, SumiAgro (confusion GINKO / ISOMAT C, ajouter 1000 ha d'ECOPOM et importations d'Italie).
Le pourcentage de surface en confusion sexuelle comprend tous les types de cultures, c'est-à-dire des parcelles en agriculture biologique ou avec des variétés résistantes. Il en est de même pour le pourcentage en variétés résistantes (on y trouve des parcelles en agriculture biologique ou en confusion) et le pourcentage en agriculture biologique.
Autres données : Agreste 2006 et SCEES 2006.

La pression tavelure est très importante dans le Val de Loire, importante dans le Sud-Ouest et plus modérée dans le Sud-Est. La pression carpocapse est à l'inverse de celle de la tavelure.

1. 3. 2. Vergers de pêchers

Les principales régions de production sont le Gard, les Bouches du Rhône, la Drôme et les Pyrénées-Orientales. Elles représentent 73.3 % de la surface du verger français de pêchers et 68 % de la production (ces données SCEES 2006 semblent sous-évaluées aux experts, ce qui peut être dû au faible échantillon utilisé pour effectuer l'enquête).

40 à 50 % des vergers sont aujourd'hui en confusion sexuelle (source : COMPO 2008), mais avec de fortes hétérogénéités régionales (jusqu'à 70 à 80 % dans le Gard par exemple).

Le tableau 5 montre la pénétration de l'agriculture biologique dans les principales zones de production.

Tableau 5: surfaces en agriculture biologique (pêches, nectarines, pavies, 2006)

	Gard	*Bouches du Rhône*	*Drôme*	*Pyrénées-Orientales*	France
Surface en AB (ha)	0.15	2	81	176	**315**
Pourcentage dans le département	0%	0.08%	2.90%	4.40%	**2%**

Source : SCEES 2006

Les principales régions de production sont globalement soumises aux mêmes pressions phytosanitaires, les variations sont très locales et peuvent être rapides. Ainsi par exemple, cette saison 2008 a été marquée par une très forte pression tordeuse orientale dans certains vergers de la Drôme. Les zones côtières des Pyrénées-Orientales sont quant à elles particulièrement touchées par la mouche méditerranéenne.

1. 4. Données mobilisées

En l'absence d'enquête nationale sur les pratiques culturales en arboriculture fruitière, l'étude a été réalisée à partir de données fournies par les experts ou par des organismes (pour les pommes uniquement, tableau 6).

Les données des Stations d'Expérimentation n'ont pas été mobilisées, pour deux raisons. La première est l'absence de réponse de la plupart de ces stations et la difficulté à mobiliser les données dans le temps imparti. La seconde, comme le montre l'inventaire réalisé dans le volet 2 d'ECOPHYTO R&D (Cf. tome VIII), est que très peu de dispositifs sont vraiment mobilisables pour permettre une comparaison entre les différents niveaux de rupture. La plupart des essais sont monofactoriels, visant à tester différentes modalités d'une technique, mais ne fournissent pas d'indications sur le nombre de traitements économisés par la mise en place d'une modalité donnée d'une technique particulière.

Tableau 6: nature et provenance des données utilisées pour l'expertise (pommes)

Provenance	Type de verger	Variété	Niveaux	Matériel
PERLIM	4 vergers commerciaux 2005-2007 avec broyage de feuilles	Multi variétés dont Golden Delicious	2a	Calendriers
Producteur Limousin	Verger commercial, 2007	Golden Delicious, Goldrush	2a, 2c	Calendriers, herbicides, rendements, éclaircissage
Réseau La Pugère (Coupard *et al*, 2005 et 2006)	37 parcelles commerciales, 2005 et 2006	Multi variétés dont Golden Delicious	1, 2a 3a	Calendriers, rendements
CTIFL	Sud-Est : 2 parcelles 2005-2007	Golden Delicious, Goldrush	2a, 3b	Calendriers, rendements, herbicides, éclaircissage
	Sud-Ouest : 7 parcelles 2000-2002 ou 2006-2007	Golden Delicious, Smoothee®, Ariane, Gala, Fuji, INRA®6398	1, 2a, 2c, 3a	
	Val de Loire : 4 parcelles, 2006-2007	Golden Delicious, Ariane, Pink Lady	1, 2a, 2c	
IFPC	3 vergers cidricoles commerciaux 2006-2007	Douce Coëtligné		Calendriers, rendements, éclaircissage, herbicides
SNP	Description du verger organisé et statistiques PFI			
GRCETA[4] Saint Rémy	4 vergers commerciaux, 2006-2007	Multi variétés dont Gala et Granny	2a, 2c	Calendriers, éclaircissage, (herbicides)
Zone d'étude 13	Réseau de 71 vergers commerciaux	Multi variétés	1, 2a, 3a	Données issues de 47 calendriers
INRA Gotheron	Dispositif BioREco	Ariane, Melrose, Smoothee®	1, 2a, 2b, 2c, 3a, 3b	Calendriers, herbicides, éclaircissage, rendements
CA[5] Indre et Loire	3 vergers commerciaux 2006-2007	Multi variété dont Golden Delicious	1, 2a	Calendriers, herbicides, (éclaircissage)
CA Vaucluse + GRAB[6]	9 parcelles commerciales dans le cadre de la validation d'Alt'Carpo			calendriers
CA Vaucluse	Références technico-économiques Golden Delicious PFI et Gala AB 2006 (Roblin *et al*, 2007)			
CA Tarn et Garonne	IFT calculés sur des parcelles commerciales 2006 et 2007, références technico-économiques Gala (Chambonnière *et al*, 2005)	Golden Delicious, Goldrush	1, 2a, 2c, 3b	IFT
Drôme (communication de S. Simon)	Exploitation commerciale 1994-2004	Smoothee®	3a	Calendriers, rendement, éclaircissage herbicides

[4] GRCETA : Groupement Régional des Centres d'Etudes Techniques Agricoles
[5] CA : Chambre d'Agriculture
[6] GRAB : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique

L'étude a donc été réalisée grâce à des suivis d'exploitation fournis par divers organismes implantés dans les bassins de production. Les dires d'expert ont permis de confirmer les résultats chiffrés obtenus en pomme, et de les compléter le cas échéant. L'étude sur les vergers de pêchers ayant été réalisée secondairement, seuls les dires d'experts ont été pris en compte dans ce cas là.

Les données pommes sont fournies sous forme de calendriers de traitement (papier ou informatique, plus ou moins complets pour les herbicides et l'éclaircissage), de rendements, de temps de travaux, de références technico-économiques. Des indications d'ordre général sur le verger français de pommes de table, et en particulier sur le verger organisé, ont été également fournies par la SNP. Des indications sur le verger cidricole ont été fournies par l'IFPC.

1. 5. Indicateurs de performance (agronomique, économique, environnementale) et de pression d'utilisation des produits phytosanitaires

Les indicateurs permettent de donner une description succincte de la parcelle étudiée, et donc de comparer ces paramètres entre les différents niveaux de rupture. Les calculs sont effectués à l'échelle de la parcelle, et on considère pour cette production que les résultats obtenus sont extrapolables à l'échelle de l'exploitation.

Au vu de la faiblesse de l'échantillon de calendriers de traitements, notamment pour le calcul des IFT[7] à l'échelle des bassins de production, les données issues des calendriers de traitement servent de base au chiffrage du niveau 1 après validation et correction par les experts. Pour les autres niveaux, les calendriers servent à donner des exemples de ce que l'on peut trouver sur le terrain et à étayer les hypothèses d'économies de traitement envisageables suite à l'introduction d'une méthode alternative. **Les valeurs données pour les bassins de production sont alors des valeurs théoriques, basées sur celles trouvées pour le niveau 1 et corrigées en fonction des économies de traitements proposées. Cette méthode permet de proposer des valeurs pour les différents niveaux en ayant une base commune pour permettre les comparaisons.**

L'année de référence pour l'expertise est 2006. Pour la plupart des parcelles, les calendriers sont disponibles pour 2005, 2006 et 2007. Dans ce cas là, une moyenne a été effectuée sur ces 3 années, permettant de tenir compte de la forte variabilité pouvant exister en arboriculture fruitière.

Les données antérieures à ces années (exemple : 1994-2004) sont utilisées si aucune autre n'est disponible ou bien si elles présentent un intérêt particulier (exemple d'un suivi de parcelle sur 10 années, qui permet d'avoir une moyenne intéressante).

La **performance agronomique** est estimée par le rendement de la parcelle. Il est délicat de se baser uniquement sur les données chiffrées obtenues à partir de l'étude de quelques parcelles, puisque le rendement peut être très variable d'une année sur l'autre en fonction notamment des conditions climatiques, de la technicité des producteurs et du terroir. Pour tous les calculs, nous nous baserons donc sur des chiffres moyens donnés par les experts pour une année moyenne (c'est-à-dire pour un rendement Golden Delicious de 50 tonnes / ha), résumés dans le tableau 7.

La donnée « rendement » ne tient pas compte des paramètres « calibres » et « qualité des fruits ».

[7] IFT : indice de fréquence de traitement

Tableau 7: rendements pour une année moyenne, dires d'experts

Rendements t/ha	Agriculture raisonnée / intégrée	Agriculture biologique
Golden Delicious	50	25
Gala	45	22.5
Fuji	50	25
Granny	60	30
Pink Lady®	60	30
Goldrush	40	20
Ariane	40	20

Rendement indicatif pour des vergers en pleine production

La **performance économique** est estimée par un coût de protection au kilo de pommes, et par une variation de marge brute. Elle ne tient pas compte des aspects du marché et de la valorisation possible du fruit. Cette performance n'a été évaluée que sur les vergers de pommiers. On considère alors que toutes les exploitations possèdent le même équipement et les mêmes charges de structure.

- *Variation de marge brute* : à partir de la marge brute fournie par les références technico-économiques des chambres d'agriculture, on estime la variation due à la mise en place d'une solution alternative (coût de la solution, économie de traitements). Le coût d'un traitement comprend le coût du produit (coût moyen calculé à partir des calendriers de traitements et de « Coût des approvisionnements en Arboriculture » édité par la Chambre d'Agriculture du Vaucluse) et le coût de main d'œuvre (12.3€/h non qualifiée) et de mécanisation (21€/h) pour un passage dans le verger, soit 0.8 h/ha.

- *Coût de protection au kilo de pommes* : à partir des données fournies dans les calendriers de traitements, on estime pour un type de parcelle un coût de protection. Ce coût inclut le coût des produits et le coût du nombre de passages dans le verger (les mélanges de certaines molécules sont autorisés et courants en arboriculture). Il est divisé par le rendement théorique de la variété, estimé à dire d'expert. Cet indicateur reflète donc plus ce que l'on observe sur le terrain lors d'une année moyenne.

On ne calcule pas directement de marge brute sur les parcelles dont on a les calendriers, en raison du manque d'indications sur l'exploitation dont chaque parcelle fait partie, et de la difficulté à fixer un prix de vente des pommes, puisque celui-ci varie fortement dans le temps, et en particulier selon la variété, l'état du marché, et les conditions climatiques (attrait du consommateur pour les fruits de saison).

La **performance environnementale** est estimée par deux d'indicateurs agro-environnementaux :

- *EIQ* : indicateur agro-environnemental donnant une indication synthétique sur les impacts des programmes de traitement vis-à-vis de l'eau, de la faune du verger, de la santé de l'opérateur et du consommateur (Kovach *et al*, 1992). Une note globale est calculée pour chaque matière active à partir de toxicités individuelles sur différents organismes. Sa construction est basée sur le produit de l'exposition par la toxicité. Les notes obtenues sont agrégées de manière simple (somme pondérée et produit) pour obtenir une note EIQsa. Pour évaluer le risque lié à un programme de traitement à l'échelle de la parcelle, les EIQsa sont multipliées par la dose épandue, puis additionnées pour l'ensemble des substances actives.
Les données nécessaires au calcul ont été obtenues via la base de données de l'Université de Cornell (http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq). Les matières actives non présentes dans cette base sont complétées avec les données du produit de la même famille chimique ayant la plus forte toxicité.

Une note finale élevée traduit un fort impact du programme de traitement sur l'environnement.

Bien que critiquable dans sa conception (Dushoff *et al*, 1994), cet indicateur a déjà été largement utilisé pour des évaluations de stratégies de protection, en particulier en arboriculture fruitière (Picard, 2007 ; Cancian, 2008, Plénet *et al*, 2008). Il donne en général des notes très élevées en agriculture biologique car les traitements soufrés ou cupriques sont notés comme ayant un très fort impact, et ces notes sont additionnées.

- *I-PHY arbo* : cet indicateur a été réalisé par l'INRA et le Ctifl en adaptant la méthode Indigo de l'INRA à l'arboriculture. Il évalue l'impact environnemental d'un produit phytosanitaire en fonction de cinq types de risques regroupés en différents modules : un module « Risque pour l'environnement » (Renv) regroupant les risques d'entraînement vers les eaux de profondeur (Reso), d'entraînement vers les eaux de surface (Resu) ainsi que de propagation vers l'air (Rair), et un module « Risque pour auxiliaires et faune utile » (Raux+fu). « I-PHYsa », valeur fournie par substance active, est calculé à partir de l'ensemble de ces modules (van der Werf *et al*, 1998).

Cet indicateur a été choisi par rapport à son mode d'agrégation intéressant (système expert associé à de la logique floue) à l'échelle de son application (la parcelle) ainsi qu'au type de cultures auquel il est destiné (les principales espèces fruitières françaises, dont le pommier et le poirier). Une version de cet indicateur existe aussi sur grandes cultures et viticulture. Cet indicateur nécessite de nombreuses informations groupées dans une base de données fournie par l'INRA de Colmar. En cas de données manquantes, les constantes physiques sont trouvées sur http://www.herts.ac.uk/aeru/footprint/fr/ et les effets sur les auxiliaires et la faune utile dans les revues de l'OILB[8] ou par le biais de la molécule la plus toxique de la même famille chimique.
Le passage du résultat de l'indicateur calculé par module et par substance active à l'indicateur global I-PHY pour l'ensemble des traitements d'une parcelle nécessite ensuite deux agrégations successives. Tout d'abord les résultats des différents modules sont agrégés pour donner une note entre 0 et 10 à chaque substance active (la note la plus élevée correspond à l'impact le plus faible sur l'environnement). Ces notes sont ensuite agrégées au niveau de la parcelle de la façon suivante :

$$\text{I-Phy} = \text{Min}(\text{I-Physai}) - \Sigma(k(1-\text{I-Physai}/10))$$

Avec $k = 86{,}17(\exp(-\exp((\text{I-Physai}+19{,}7)/14{,}44)))$

Au niveau de la parcelle, plus la note est élevée et moins les impacts sur l'environnement sont importants.

Le mode d'agrégation plus fin que celui de l'EIQ permet de modérer l'influence de traitements successifs avec la même molécule (exemple : les traitements soufrés en agriculture biologique) en n'additionnant pas directement les notes. Les résultats obtenus se révèlent être plus proches de ce qui est observé sur le terrain qu'avec EIQ (Suckling *et al*, 1999).

La **pression d'utilisation de produits phytosanitaires** est exprimée par le calcul de l'indicateur IFT. C'est l'indice de fréquence de traitement = dose utilisée par matière active / dose homologuée pour la matière active, calculé en fonction des doses indiquées sur les calendriers de traitement. En arboriculture fruitière, la grande majorité des traitements est réalisée avec la dose homologuée sur tout le verger, donc 1 utilisation d'une matière active = 1 IFT en règle générale.

Les huiles ou les fongicides soufrés sont souvent utilisés avec des doses décroissantes au cours de la saison. Certaines molécules ne sont appliquées qu'un rang sur deux (aphicides notamment, mais cette pratique est déconseillée) ou sur une partie du verger (herbicides). Si la molécule est appliquée à dose homologuée sur la moitié du verger, alors IFT=0.5.

Une molécule peut avoir plusieurs doses homologuées en fonction de la cible sur laquelle elle est utilisée. Si la cible n'est pas indiquée, soit on attribue une cible en fonction de la date d'utilisation, soit on utilise la dose

[8] OILB : Organisation Internationale de Lutte Biologique et intégrée

homologuée minimum (et donc on maximise l'IFT). Le parti a été pris de compter comme traitement contre le carpocapse ceux qui ont été déclarés contre la zeuzère, mais dont la date d'application et la molécule utilisée laissent penser qu'ils agissent aussi sur le carpocapse.

Quand on dispose de plusieurs années de suivi sur une parcelle, la valeur d'IFT indiquée dans les tableaux est la valeur moyenne sur ces différentes années.

Tous les produits pré-récolte ont été comptabilisés, qu'ils soient microbiologiques, minéraux ou chimiques de synthèse industrielle.

L'IFT calculé dans ce rapport est l'IFT produit commercial.

Une valeur d'IFT est également calculée en ne tenant compte que des molécules listées dans le PIRRP[9] plus le coumafène, fénarimol, procymidone, tribularine (molécules ciblées par le Grenelle de l'environnement). La liste des molécules concernées utilisées en arboriculture fruitière est donnée dans le tableau 8.

Tableau 8: liste des molécules extraites du PIRPP et du Projet de liste 3 du Grenelle dont les ventes devraient être réduites de 50 % d'ici fin 2009 à 2012

Subsance active	Produit commercial	Date d'effet
Azinphos-méthyl	Gusathion/Vitaphos	Retiré
Béta-cyfluthrine	Ducat	2012
Captane	Merpan, Sigma, Ugecap	2012
Carbendazime	Pantor	Retiré
Chlorophacinone	Chlorocal	2009
Chlorpyriphos-éthyl	Finetyl D, Pyrinex	2012
Cyfluthrine	Baythroid	2009
Cyperméthrine	Aphicar/Sherpa	Retiré
Dinocap	Karathane	Retiré
Diuron	Vegepron	Retiré
Endosulfan	Thionex/Technufan	Retiré
Fénarimol	Rubigan	Retiré
Fluquinconazole	Vision	Retiré
Flusilazole	Nustar	2009
Lambda-cyhalothrine	Karate	2012
Méthamidophos	Orthotox	Retiré
Méthidathion	Ultracide	Retiré
Méthomyl	Lannate	2009
Oxydéméton-méthyl	Metasystemox	Retiré
Parathion-méthyl	Penncap M	Retiré
Propargite	Omite	2009
Tolyfluanide	Méthyleuparène	Retiré
Zirame	Carbazinc/Pomarsol	2009

[9] PIRRP : Plan Interministériel de réduction des risques liés aux pesticides

2. PERFORMANCES DES NIVEAUX DE RUPTURE POUR LES VERGERS DE POMMIERS

La première partie de ces résultats consiste en une présentation des principaux ravageurs du pommier et leurs modes de traitements. Puis les résultats sont présentés par niveau de rupture et par bassin de production. Pour chaque cas, les résultats issus des données de terrain sont évoqués, puis les évaluations et les commentaires issus des dires d'experts sont ajoutés.

2. 1. Principaux ravageurs des pommiers et modes de traitements

2. 1. 1. Maladies des pommiers

- *Tavelure du pommier (Venturia inaequalis) :* taches sur feuilles et sur fruits pouvant entraîner une perte de rendement commercialisable de 100 %. Les stratégies de traitement (recommandations données par la Note Nationale Tavelure Ctifl, Inra, SRPV) reposent essentiellement sur des traitements préventifs réalisés juste avant les périodes à risque (définies par des modèles épidémiologiques), pouvant être complétés par quelques traitements curatifs selon les conditions spécifiques de la période de contamination. L'objectif de cette stratégie est d'éviter une contamination au cours de la période de contamination primaire afin d'éviter l'apparition de dégâts sur fruits. En l'absence de symptômes sur les feuilles et les fruits en fin de contamination primaire, la protection est arrêtée au cours de la période estivale.

Il existe des variétés à résistance monogénique dominante qui peut être contournée. Par ailleurs, s'il existe une gamme de sensibilités variétales, la plupart des variétés commerciales actuellement plantées est très sensible à la tavelure.

- *Oïdium du pommier (Podosphaera leucotricha)* : affaiblissement de l'arbre et dégâts sur fruits. Les traitements sont effectués préventivement, en partie intégrés dans la stratégie tavelure. Il existe un différentiel de sensibilités variétales.

- *Maladies de conservation (divers champignons dont gleosporiose)* : pourriture des fruits sur l'arbre et en conservation pouvant atteindre les 100%. Les traitements sont effectués en préventif en végétation et/ou post-récolte. Très peu de connaissances sur les contaminations, il existe des différences de sensibilité selon les variétés et surtout en fonction des stades de maturité.

- *Feu bactérien (Erwinia amylovora)* : mort de l'arbre en 3-4 ans, pas de traitement curatif, que du préventif. La protection chimique est complétée par la surveillance du verger, et l'assainissement par suppression mécanique des rameaux touchés est obligatoire.

2. 1. 2. Ravageurs des pommiers

- *Puceron cendré du pommier (Dysaphis plantaginea)* : attaques sur pousses, feuilles et fruits avec courts noués et déformations des pousses et des fruits. Des traitements préventifs sont réalisés avant fleur, puis curatifs en végétation. Pas de solution alternative vraiment efficace.

- *Puceron lanigère (Eriosoma lanigerum*) : attaque sur pousses, saisissement des fruits, en recrudescence. Le traitement est réalisé en végétation, parfois complété par l'action d'un parasitoïde (*Aphelinus mali*).

- *Carpocapse des pommes (Cydia pomonella)* : parasite des fruits, peut entraîner une perte de rendement commercialisable de 100 %. Traitements en végétation. Utilisation de la confusion sexuelle efficace si la parcelle est adaptée (minimum 4 ha), le virus de la granulose est efficace mais quelques cas de résistances ont été identifiés. D'autres moyens biologiques comme l'emploi de nématodes sont à l'étude. Les filets de

protection sont prometteurs (voir paragraphe consacré) mais on manque encore de recul sur cette technique. Les mesures prophylactiques pour réduire les populations consistent à poser des bandes pièges à l'automne sur les troncs des arbres, à éliminer les fruits piqués et à stocker les palox hors des vergers.

- *Pou de San José (Diaspidiotus perniciosi)* : cochenille parasite du bois et des fruits, lutte obligatoire, en recrudescence. Ravageur de quarantaine pour l'export vers certains pays hors Union Européenne (Asie…)

- *Tordeuse orientale (Cydia molesta)* : parasite des pousses et des fruits, peut entraîner des pertes équivalentes au carpocapse. Traitement en végétation, la confusion sexuelle n'est pas homologuée sur pommier en France.

- *Tordeuse de la pelure (plusieurs espèces)* : parasite des fruits (en augmentation même si peu de dégâts pour le moment), traitements en végétation. La confusion sexuelle n'est pas homologuée en France.

- *Zeuzère (Zeuzera pirina)* : parasite du bois pouvant entraîner la mort de l'arbre. Traitement en végétation avec des molécules qui sont aussi efficaces sur le carpocapse. La confusion sexuelle n'est pas homologuée en France, un piégeage massif peut être mis en place.

- *Acariens rouges (Panonychus ulmi)* : parasite des organes verts, traitements en végétation et régulation biologique par l'introduction d'acariens prédateurs (*Typhlodromus pyri, Amblyseius andersoni*) dès la création du verger.

Les principaux maladies et ravageurs du pommier sont la tavelure, l'oïdium, le carpocapse et les pucerons. Les autres ne sont pas forcément présents à chaque saison, mais peuvent causer d'importants dégâts s'ils apparaissent et ne sont pas maîtrisés.

2. 2. Niveau 1 : cultures conventionnelles actuelles

Le niveau 1 correspond au raisonnement des traitements sur la base de seuils ou de modèles épidémiologiques. Dans le cas de l'arboriculture fruitière en France, le « dire d'experts » considère qu'il est actuellement le niveau le plus représenté.

Ici nous décrivons uniquement des parcelles plantées en Golden Delicious.

2. 2. 1. Performances agronomiques

En conduite conventionnelle et pour une année moyenne, le rendement de Golden Delicious est estimé à 50t/ha. Ce rendement est très variable en fonction des conditions climatiques, de l'âge du verger, de la technicité du producteur ou du terroir.

2. 2. 2. Pression d'utilisation des produits phytosanitaires

Pour Golden Delicious en niveau 1, on trouve sur les calendriers de traitements fournis pour les différents bassins de production les valeurs moyennes indiquées dans le tableau 9. Pour la Zone d'Etude 13, les données concernent diverses variétés.

Tableau 9: IFT moyens niveau 1 à partir des calendriers de traitement

Bassin	Nb de données	Origine	IFT total moyen insecticides	*Dont IFT moyen carpocapse*	*Dont IFT moyen pucerons*	IFT moyen acariens	IFT total moyen fongicides	*Dont IFT moyen tavelure*	IFT total moyen sans herbicides ni éclaircissants
Sud-Est	19	La Pugère	15.7	*11.8*	*3.8*	0	14.7	*12.5*	30.4
Sud-Est	26	Zone d'Etude 13	14.2	*12.3*	*1.9*	1.0	11.3	*8.7*	26.5
Sud-Ouest	3	CTIFL	11.0	*9.7*	*1.3*	0	20.7	*14.3*	31.7
Sud-Ouest	3	CA 82	11.5	*7.0*	*4.5*	0.3	25.7	*19.4*	36.5
Val de Loire	1	CA 37	9.0	*5.0*	*4.0*	0	25.0	*17.0*	34.0
Val de Loire	2	CTIFL	5.0	*2.0*	*3.0*	0	32.5	*22.0*	37.5

Ces données semblent cohérentes aux experts, mise à part la valeur 0 pour les acaricides (en faible pression, un traitement est effectué tous les 3 ou 4 ans en moyenne, donc une valeur que nous fixerons à 0.3) et les valeurs insecticides en Val de Loire (plutôt 10 insecticides dont 7 contre carpocapse)

Du fait de l'enherbement permanent présent dans pratiquement la majorité des vergers, les herbicides (pré et post-levée des adventices) sont appliqués sur le rang (bande couvrant environ 40% de la surface du verger), avec 2 à 3 passages par saison (1 à 3 produits par passage), en général à la dose homologuée. Cela signifie l'ajout d'un IFT de 1.2 à 2.6, soit en moyenne 1.8.

L'utilisation des produits éclaircissants permettant de réguler la charge est très variable selon les variétés, les années, la parcelle, les conditions climatiques. Les doses utilisées sont caractéristiques d'une situation particulière, elles sont difficiles à généraliser. A dire d'expert, ces traitements représentent un IFT de 2 à 3 sur Golden Delicious et de 3 à 6 sur Gala. Pour la décomposition de l'IFT total, la valeur 2.5 est choisie pour Golden Delicious.

En tenant compte de ces remarques, nous pouvons donc proposer une décomposition de l'IFT total par bassin de production dans le tableau 10.

Tableau 10: IFT moyens niveau 1 par bassin de production

Bassin de production	IFT total insecticides	*Dont IFT carpocapse*	*Dont IFT pucerons*	IFT acariens	IFT total fongicides	*Dont IFT tavelure*	IFT herbicides	IFT éclaircissage	**IFT total**
Sud-Est	15.7	*11.8*	*3.8*	0.3	14.7	*12.5*	1.8	2.5	**35.0**
Sud-Ouest	11.3	*8.4*	*2.9*	0.3	23.2	*16.8*	1.8	2.5	**39.1**
Val de Loire	10.0	*7.0*	*3.0*	0.3	28.8	*19.5*	1.8	2.5	**43.4**

Les valeurs présentées ici reflètent bien les différentes pressions des maladies et des ravageurs dans les bassins de production. En effet, on note un IFT fongicides double dans le Val de Loire par rapport au Sud-Est, et un IFT contre le carpocapse supérieur de 70%) dans le Sud-Est à ce qu'il est dans le Val de Loire. On constate que ce sont les fongicides qui pèsent le plus lourd dans l'IFT total dans le Sud-Ouest et le Val de Loire (68%), tandis que dans le Sud-Est, IFT fongicides et insecticides ont des valeurs proches.

A titre d'indication, l'IFT fongicide en 2008 est beaucoup plus élevé en raison des conditions très pluvieuses du printemps et de l'été et des nombreux échecs enregistrés dans les protections tavelure. Pour le Tarn et Garonne, l'IFT fongicide est de 39,3 dont 31,3 pour la tavelure en 2008 (plus de 10 de plus qu'en 2006 et 2007).

Sur la Zone d'Etude 13 (26 parcelles en niveau 1), l'étude des calendriers de traitement montre que, sur le nombre total de produits utilisés, certains contiennent des molécules actives inscrites sur la liste du **PIRPP**. Il s'agit majoritairement de l'azinphos-méthyl (retiré depuis) et du chlorpyriphos-éthyl contre le carpocapse, et du captane et du tolyfluanide (retiré) contre les maladies fongiques, avec un IFT moyen de **9.8** pour 4.2 produits commerciaux en moyenne. En ne tenant compte que des produits qui sont aujourd'hui retirés, on obtient un IFT moyen de 4.7.

2. 2. 3. Performances environnementales

Ces indicateurs agro-environnementaux permettent d'avoir une idée de l'impact des pratiques du niveau 1 sur l'environnement. Les valeurs moyennes présentées dans le tableau 11 se veulent uniquement indicatives, et seront utiles à titre de comparaison avec les autres niveaux.

Tableau 11: indicateurs agro-environnementaux moyens Golden Delicious niveau 1

Bassin	Nombre de données	Origine	EIQ moyen	I-PHY arbo moyen
Sud-Est	8	La Pugère	2 882	5.27
Sud-Ouest	3	CTIFL	2 469	6.54
Val de Loire	1	CA 37	1 249	5.43
Val de Loire	2	CTIFL	753	5.68

Les valeurs obtenues pour EIQ montrent la diversité des cas auxquels on peut être confronté pour une même combinaison de stratégie de protection. Il suffit d'appliquer des traitements au soufre plutôt que des fongicides de synthèse industrielle pour faire passer l'indicateur de 800 à 2 500.

L'indicateur I-PHYarbo présente des valeurs relativement homogènes, mises à part les parcelles du Sud-Ouest qui ont une meilleure note, malgré l'EIQ élevé. Les deux indicateurs ne semblent donc pas corrélés.

2. 2. 4. Performances économiques

Pour le niveau 1, l'analyse des calendriers de production pour Golden Delicious nous permet de calculer un coût de protection par kilo de pommes produites. Ce coût prend en compte le coût des produits par ha, le nombre de passages, le coût des passages (0.8 X (12.3 + 21)) = 26.64 €/ha) et le rendement (50 t/ha pour Golden Delicious).

Les résultats pour les différents bassins de production sont donnés dans le tableau 12.

Tableau 12: coûts de protection moyens pour le niveau 1

Bassin	Nombre de données	Produits fongicides €/ha	Produits insecticides €/ha	*Dont produits carpocapse €/ha*	Total produits sans herbicides ni éclaircissants €/ha	Nombre moyen de passages	Coûts passages €/ha	Total coûts de protection €/ha	Rendement t/ha	Coût de protection au kg de pommes
Sud-Est	8	221	516	*399*	820	18.9	503	1 323	50	0.026
Sud-Ouest	3	501	388	*282*	889	20.3	540	1 429	50	0.028
Val de Loire	3	568	362	*246*	962	23.0	612	1 574	50	0.031

Ces données sont issues de calculs effectués à partir des calendriers de traitements, pas suffisamment nombreux pour qu'elles puissent servir de référence. Néanmoins, il faut noter que les coûts de protection au kilo de pommes trouvés sont du même ordre de grandeur que ceux calculés dans d'autres études (dispositif BioREco de Gotheron, communication personnelle).

Les différences de coût de produit entre les différents bassins reflètent bien les différences trouvées au niveau du calcul de l'IFT. Il en est de même pour les coûts de protection au kilo de pomme et les IFT totaux.

D'après ces données, le prix moyen **produit** d'un traitement fongicide est de **18.6 €/ha** en arboriculture conventionnelle. Le prix moyen d'un traitement insecticide est de **33.7 €/ha** et d'un traitement contre le carpocapse de **33.2 €/ha**. Ces prix seront utilisés dans les calculs de variation de marge brute lors de la mise en place d'une solution alternative. Ils sont calculés en divisant les coûts totaux en produits fongicides ou insecticides par le nombre moyen de traitements fongicides ou insecticides.

Faute de données précises sur les charges et les temps de travaux nécessaires à la culture des parcelles étudiées, le total des charges est évalué à partir des données fournies par la Chambre d'Agriculture du Vaucluse pour une parcelle de Golden Delicious en 2006. Ce calcul de total des charges inclut les approvisionnements, la main d'œuvre, la mécanisation, l'amortissement de la plantation. Il est réalisé en comptant un temps d'éclaircissage manuel nul (peu réaliste mais permet d'avoir une base pour le calcul). Pour chaque bassin de production et nouvelle technique, le total des charges est recalculé avec les coûts produits trouvés sur les calendriers, et les gains / pertes occasionnées par la mise en place d'une technique alternative.

Pour le niveau 1 nous avons donc :

- Sud-Est : total des charges de 15 753 €/ha
- Sud-Ouest : total des charges de 15 895 €/ha
- Val de Loire : total des charges de 15 936 €/ha

La marge brute peut être ensuite calculée avec un rendement de 50 t/ha avec un prix de vente à définir. Celui-ci est en effet très variable au cours d'une saison et il est difficile d'en donner une moyenne. Pour 2006, la Chambre d'Agriculture du Vaucluse a choisi le prix moyen de 0.52€/kg (prix bord champ conditionné en plateau de 11kg), soit un produit de 26 000 €/ha.

Les valeurs trouvées pour le niveau 1 sont issues de l'analyse de quelques calendriers de traitement, et ne sont pas aberrantes à dire d'expert. Cependant, au vu de la faiblesse de l'échantillon traité, elles ne sauraient être prises comme références, mais plutôt comme une base pour établir des comparaisons avec les autres niveaux de rupture.

2. 3. Niveau 2a : technique limitant le risque ravageur

Le niveau 2a est défini par l'introduction d'une technique visant à limiter le risque ravageur. La méthode alternative aux insecticides chimiques la plus utilisée en vergers de pommiers français est la confusion sexuelle contre le carpocapse, implantée en 2007 sur plus de 40 % du verger français.

2. 3. 1. Performance agronomique

Comme pour le niveau 1, le rendement de Golden pour le niveau 2a est estimé en moyenne à 50t/ha pour une année moyenne.

2. 3. 2. Pression d'utilisation des produits phytosanitaires

Pour Golden Delicious en niveau 2a, on trouve d'après les calendriers de traitement des valeurs moyennes données dans le tableau 13. Pour la Zone d'Etude 13, il s'agit de variétés diverses.

Tableau 13: IFT moyens niveau 2a à partir des calendriers de traitement

Bassin	Nombre de données	Origine	IFT total moyen insecticides	*Dont IFT moyen carpocapse*	*Dont IFT moyen pucerons*	IFT moyen acariens	IFT total moyen fongicides	*Dont IFT moyen tavelure*	IFT total moyen sans herbicides ni éclaircissants
Sud-Est	6	La Pugère	15.4	*12.1*	*3.1*	0.2	14.3	*12.0*	29.9
Sud-Est	3	CTIFL	8.0	*3.0*	*5.0*	0	16.3	*9.3*	24.3
Sud-Est	14	Zone d'Etude 13	9.2	*7.3*		0.7	12.4	*10.1*	22.1
Sud-Ouest	4	CA 82	7.1	*3.3*	*3.8*	0.8	24.9	*18.8*	32.8
Sud-Ouest	3	CTIFL	3.7	*1.3*	*2.4*	0	19.0	*17.3*	22.7
Val de Loire	2	CTIFL	5.0	*2.0*	*3.0*	0	32.5	*22.0*	37.5
Val de Loire	1	CA 37	9.0	*5.0*	*4.0*	0	25.0	*17.0*	34.0

Ces valeurs semblent cohérentes pour les fongicides, mais a priori trop élevées pour les insecticides sur certaines parcelles. Ainsi pour La Pugère, l'IFT carpocapse est aussi élevé que pour le niveau 1. Sur ce jeu de données, les gains en traitements liés à l'utilisation de la confusion sexuelle n'apparaissent pas clairement.

Pour observer les gains liés à l'utilisation de la confusion, il faut disposer de parcelles comparables, c'est dire même variété, même année, même localisation. Parmi les calendriers qui nous ont été fournis, quelques parcelles nous permettent d'effectuer la comparaison :

- Val de Loire (CTIFL Golden Delicious, 2 parcelles niveau 1, 2 niveau 2a) : économie de 4 traitements (4 IFT)
- Sud-Est (La Pugère Gala, 10 et 7 parcelles) : économie de 5 traitements (5 IFT)
- Sud-Est (La Pugère Granny, 6 et 9 parcelles) : économie de 6 traitements (6 IFT)
- Sud-Est (Zone d'Etude 13 INRA, multivariétés, 26 et 14 parcelles) : économie de 5 traitements (5 IFT)
- Sud-Ouest (CA 82 Golden Delicious, 3 et 4 parcelles) : économie de 4 traitements (4 IFT)

Les experts s'accordent à dire que dans des conditions de pression moyennes, une économie de 5 IFT contre le carpocapse peut être associée à l'utilisation de la confusion sexuelle dans le Sud-Est, de 4 dans les autres bassins. En d'autres termes, la réduction des traitements contre le carpocapse lors de l'utilisation de la confusion sexuelle est généralement d'environ 50%.

Cette technique alternative ne modifie pas les IFT en acaricides, fongicides, herbicides et éclaircissants.

Les valeurs d'IFT proposées par bassin de production pour le niveau 2a (tableau 14) sont donc des valeurs théoriques déduites de celles calculées à partir d'un jeu de données pour le niveau 1 (tableau 10).

Tableau 14: IFT moyens niveau 2a par bassin de production

Bassin de production	IFT total insecticides	*Dont IFT carpocapse*	*Dont IFT pucerons*	IFT acariens	IFT total fongicides	*Dont IFT tavelure*	IFT herbicides	IFT éclaircissage	**IFT total**
Sud-Est	10.7	*6.8*	*3.8*	0.3	14.7	*12.5*	1.8	2.5	**30.0**
Sud-Ouest	7.3	*4.4*	*2.9*	0.3	23.2	*16.8*	1.8	2.5	**35.1**
Val de Loire	6.0	*3.0*	*3.0*	0.3	28.8	*19.5*	1.8	2.5	**39.4**

Sur la Zone d'Etude 13 (14 parcelles), l'IFT moyen des produits **PIRRP** est de **4.9,** pour 3.4 produits commerciaux en moyenne. En ne tenant compte que des produits aujourd'hui retirés, on obtient un IFT moyen de 2.7.

2. 3. 3. Performances environnementales

Ces valeurs présentées dans le tableau 15 sont uniquement indicatives au vu de la faiblesse de l'échantillon.

Tableau 15: indicateurs agro-environnementaux moyens Golden Delicious niveau 2a

Origine	**Nombre de données**	**Bassin**	**EIQ moyen**	**I-PHY arbo moyen**
La Pugère	6	Sud-Est	2 539	5.50
CTIFL	3	Sud-Est	2 163	6.51
CTIFL	3	Sud-Ouest	3 683	6.66
CA 37	1	Val de Loire	1 226	6.48
CTIFL	2	Val de Loire	3 601	5.75

Les notes trouvées ici sont globalement plus élevées que sur le niveau 1 pour l'I-PHY, ce qui semble traduire une réduction du risque d'impact sur l'environnement.

2. 3. 4. Performances économiques

L'analyse des calendriers de production pour des parcelles en Golden Delicious de niveau 2a nous permet de calculer des coûts moyens de protection par kg de pommes produits (tableau 16). Au coût des produits listés dans les calendriers, on rajoute le coût du diffuseur (210 €/ha) ainsi que 5h/ha de main d'œuvre pour la pose et 5h/ha de main d'œuvre annoncées pour la surveillance.

Tableau 16: coûts de protection moyens pour le niveau 2a

Bassin	Nombre de données	Produits fongicides €/ha	Produits insecticides €/ha	*Dont produits carpocapse €/ha*	Total produits sans herbicides ni éclaircissants €/ha	Nombre moyen de passages	Coûts passages €/ha	Total coûts de protection €/ha	Rendement t/ha	Coût de protection au kg de pommes
Sud-Est	10	219	599	*472*	818	15.9	423	1 364	50	0.027
Sud-Ouest	4	381	369	*266*	750	18.5	492	1 365	50	0.027
Val de Loire	2	562	384	*295*	946	20.0	532	1 601	50	0.032

Les coûts de protection au kilo de pommes tendent à montrer que le coût de la confusion sexuelle peut être compensé par l'économie du nombre de traitements contre le carpocapse. En effet, l'utilisation de la confusion sexuelle coûte 123 €/ha de main d'œuvre de pose et de surveillance, et 210 €/ha de produit, soit **333 €/ha**. Si l'on admet un gain de 5 traitements contre le carpocapse, on économise en agriculture conventionnelle 5 passages + 5 produits moyens, soit 5 X (26.6 + 33.2) = **299 €/ha.** La mise en place de cette technique alternative peut en revanche coûter de l'argent si le gain de traitements n'est pas suffisant, ce qui arrive régulièrement en cas de forte pression quand la confusion sexuelle est utilisée en complément des traitements et non en remplacement de ces derniers. Dans le cas hypothétique décrit ici, les charges totales de l'exploitation (décrites au niveau 1) seraient donc augmentées de **34 €/ha**.

Cette conclusion est à moduler par le fait que lorsque la surveillance est effective, et selon l'environnement, l'historique et les conditions climatiques sur la parcelle, l'économie de traitements permise par la confusion sexuelle va au-delà de la valeur moyenne de 5. De même, en situation de faible pression, la confusion peut s'avérer plus coûteuse si très peu (voire pas) de traitements contre le carpocapse sont appliqués.

2. 4. Niveau 2b : technique limitant les risques maladie

Le niveau 2b est défini par l'introduction d'une technique limitant les risques de maladie. La pratique culturale la plus utilisée et qui a priori devrait conduire à gagner des traitements fongicides est l'utilisation de variétés tolérantes ou résistantes à la tavelure du pommier. L'exemple retenu est celui des variétés résistantes (comme Ariane, Goldrush, Juliet® en agriculture biologique, résistance monogénique, gène *Vf*). Ces variétés sont implantées sur 1.6% du verger français. C'est l'impact de la plantation de ce type de variété qui sera traité dans cette expertise.

Cependant, il faut noter que les variétés résistantes sont très rarement utilisées sans confusion sexuelle, ce niveau 2b est donc très théorique. Aucun calendrier de traitement correspondant à ce niveau ne nous a d'ailleurs été fourni, sauf celui venant du dispositif BioREco de Gotheron qui sera analysé plus tard.

Les gains en IFT fongicides sont donc évalués en comparant des parcelles des niveaux 2a (confusion) et 2c (confusion + variété résistante).

2. 4. 1. Performances agronomiques

A dire d'expert, lors d'une année normale (c'est-à-dire pour un rendement de 50t/ha pour Golden Delicious), les 2 variétés résistantes parmi les plus cultivées en France (Ariane et Goldrush) ont un rendement moindre, soit 40 t/ha. Ce n'est pas systématiquement le cas pour toutes les variétés résistantes.

2. 4. 2. Pression d'utilisation des produits phytosanitaires

Le gain en nombre de traitements et IFT est évalué par comparaison de parcelles des niveaux 2a et 2c.

- Sud-Est : parcelles en Ariane à comparer avec 3 parcelles en Pink Lady® (économie de 6 traitements tavelure, IFT 5.4), 1 en Golden Delicious (économie de 4.5 traitements tavelure, IFT 4.5) et 4 en Gala (économie de 4.5 traitements tavelure, IFT 4.5)
- Sud-Ouest : parcelles en Goldrush et Golden Delicious (économie de 4 traitements tavelure, IFT 3.6)
- Sud-Ouest : parcelles en Ariane et Golden Delicious (économie de 9.5 traitements tavelure, IFT 8.6)
- Sud-Ouest : parcelles en variété résistante et Smoothee® (clone de Golden Delicious, économie de 15 traitements, IFT 13.2)
- Sud-Ouest : parcelles en Ariane et Gala (économie de 9 traitements, IFT 8.3)
- Val de Loire : parcelles en Ariane et Golden Delicious (économie de 16.5 traitements, IFT 14.2)

Les économies de traitements contre la tavelure peuvent donc être très variables, en fonction du bassin de production, des conditions climatiques de l'année ou de la pression sur la parcelle. D'après les experts, un gain de 5 voire 10 traitements (4 à 9 IFT) n'est pas aberrant si l'année est favorable.

Il faut cependant noter que cette résistance *Vf*, monogénique dominante, est potentiellement contournable, voire contournée dans certaines régions, et qu'il est donc recommandé d'intervenir un minimum, au moins sur les risques graves de contamination. Si l'on respecte ces conseils, on n'arrive donc jamais au niveau « zéro traitements tavelure ». Des traitements fongicides en végétation sont par ailleurs nécessaires contre l'oïdium, auquel les variétés RT[10] demeurent pour la plupart sensibles.

Ne disposant pas de calendriers de traitements pour ce niveau de rupture, aucun calcul d'IFT n'est effectué.

2. 4. 3. Performances environnementales

Ne disposant pas de calendriers de traitements pour ce niveau de rupture, aucun calcul d'EIQ et d'I-PHY arbo n'est effectué.

2. 4. 4. Performances économiques

Le coût de protection par kilo de pommes n'est pas évalué, faute de calendriers de traitement. On peut néanmoins avoir une indication de variation des charges totales. Dans l'hypothèse de travail d'ECOPHYTO R&D, on ne tient pas compte des coûts qu'impliquerait une replantation du verger en variétés résistantes, ni les coûts spécifiques liés à la variété choisie (éclaircissage par exemple). L'utilisation d'une variété résistante n'entraîne donc que des gains en nombre de traitements tavelure. Dans le cas (le plus probable) où l'on gagne 5 traitements, l'économie se monte à 5 X (18.6 + 26.6) = **226 €/ha**

Il faut cependant rajouter le fait qu'une telle variété a un rendement inférieur de 10 t à Golden Delicious, ce qui peut se chiffrer à une perte de produit de **5 200 €/ha** par rapport au prix de vente Golden Delicious (à valeur marchande identique des deux variétés).

L'utilisation de variétés résistantes est pour le moment la seule méthode permettant le plus de limiter le nombre de traitements fongicides nécessaires à la lutte anti-tavelure. D'autres techniques, comme la prophylaxie (ramassage ou broyage des feuilles mortes tombées au sol, dégradation par pulvérisation foliaire d'urée), permettent de limiter l'inoculum primaire dans le verger et donc les risques pour la saison suivante. L'expérience en situation commerciale, comme par exemple dans le Limousin, n'a pu toutefois aboutir à une économie systématique et significative de traitements dans l'état actuel de leur application pratique. Ces techniques restent néanmoins prometteuses, associées à d'autres moyens de lutte elles auront certainement un rôle à jouer dans l'avenir dans la réduction des traitements fongicides sans prise de risque excessive.

2. 5. Niveau 2c : combinaisons de techniques

Le niveau 2c est défini comme l'utilisation de techniques permettant de limiter les risques ravageurs et maladies. Il s'agit donc de l'association de méthodes visant différents pathogènes et ravageurs, pouvant être associées à d'autres techniques complémentaires à effet partiel pour le contrôle d'un bio-agresseur (par exemple prophylaxie vis-à-vis de l'inoculum primaire tavelure comme indiqué ci-dessus, ou taille en vert contre les infestations de pucerons).

Ici, nous étudions l'association de la confusion sexuelle à l'utilisation de variétés résistantes

[10] RT : Résistante Tavelure

2. 5. 1. Performances agronomiques

Comme pour le niveau 2b, les variétés résistantes les plus couramment utilisées dans le verger français (Ariane et Goldrush) présentent en conditions normales un rendement moyen de 40t/ha.

2. 5. 2. Pression d'utilisation des produits phytosanitaires

Nous disposons de quelques calendriers de traitement pour des parcelles plantées en Goldrush, Ariane ou une autre variété INRA résistante à la tavelure. Le résultat de l'analyse de ces calendriers pour les IFT moyens est présenté dans le tableau 17.

Tableau 17: IFT moyens niveau 2c à partir des calendriers de traitement

Bassin	Nombre de données	Origine	IFT total moyen insecticides	*Dont IFT moyen carpocapse*	*Dont IFT moyen Pucerons*	IFT moyen acariens	IFT total moyen fongicides	*Dont IFT moyen tavelure*	IFT total moyen sans herbicides ni éclaircissants
Sud-Est	2	GRCETA (Ariane)	8	*3.5*	*4*	0.5	6	*3.5*	14.5
Sud-ouest	4	CA 82 (Ariane)	9.3	*5.8*	*3.5*	0.5	11.8	*8.8*	21.5
Sud-Ouest	1	Producteur Limousin (Goldrush)	7	*3*	*4*	0	15	*14*	22
Sud-Ouest	2	CTIFL (Ariane)	4	*2.5*	*1.5*	1	7	*3*	12
Sud-Ouest	3	CTIFL (RT INRA)	3	*2*	*1*	0	5.7	*2*	8.1
Val de Loire	2	CTIFL (Ariane)	6	*3.5*	*2.5*	0	9	*5.5*	15

Au niveau des insecticides, les valeurs trouvées ici sont cohérentes avec l'utilisation de la confusion. Les valeurs des IFT pour les fongicides semblent basses selon les experts, surtout dans les parcelles d'essais (CTIFL). Il faudrait qu'elles soient cohérentes avec l'économie de 5 à 10 traitements fongicides évoquée pour le niveau 2b.

Il semble donc difficile de se baser sur ces calendriers pour donner une valeur moyenne par bassin de production. Pour définir ces valeurs (tableau 18), la fourchette basse d'économie de traitements (5) est conservée, et appliquée à tous les bassins de production par rapport aux valeurs définies pour les niveaux 1 et 2a.

Tableau 18: IFT moyens par bassin de production pour le niveau 2c

Bassin de production	IFT total insecticides	*Dont IFT carpocapse*	*Dont IFT pucerons*	IFT acariens	IFT total fongicides	*Dont IFT tavelure*	IFT herbicides	IFT éclaircissage	**IFT total**
Sud-Est	10.7	*6.8*	*3.8*	0.3	9.7	*7.5*	1.8	2.5	**25.0**
Sud-Ouest	7.3	*4.4*	*2.9*	0.3	18.2	*11.8*	1.8	2.5	**30.1**
Val de Loire	6.0	*3.0*	*3.0*	0.3	23.8	*14.5*	1.8	2.5	**34.4**

2. 5. 3. Performances environnementales

Les valeurs moyennes présentées dans le tableau 19 sont uniquement indicatives, au vu de la faiblesse de l'échantillon et du fait que les parcelles sont peu représentatives en termes d'utilisation des fongicides.

Tableau 19: indicateurs agro-environnementaux moyens pour les parcelles de niveau 2c

Origine	Nombre de données	Bassin	EIQ moyen	I-PHY arbo moyen
GRCETA (Ariane)	2	Sud-Est	752	6.63
Producteur Limousin (Goldrush)	1	Sud-Ouest	455	7.03
CTIFL (Ariane)	2	Sud-Ouest	1 979	6.70
CTIFL (INRA RT)	3	Sud-Ouest	756	6.80
CTIFL (Ariane)	2	Val de Loire	694	6.80

Les valeurs moyennes d'I-PHY arbo sont globalement plus élevées que celles trouvées pour le niveau 2a. On constate ici que la parcelle en Goldrush dans le Limousin présente les « meilleures notes environnementales » alors que c'est la parcelle pour laquelle l'IFT fongicides est le plus fort. Ceci est dû à une moindre utilisation de produits soufrés. Cet exemple met donc en valeur le fait que ces indicateurs à eux seuls ne sont pas suffisants pour évaluer les niveaux de rupture. En effet, pour les faire numériquement diminuer, il suffit de remplacer les produits soufrés, par exemple, par des produits de synthèse, ce qui ne signifie pas forcément une réduction de l'impact sur l'environnement.

2. 5. 4. Performances économiques

Les coûts de protection au kilo de pommes ont été calculés à partir des calendriers de traitement, en ajoutant les coûts liés à l'utilisation de la confusion sexuelle (210 € de produit et 123 €/ha de main d'œuvre).

Tableau 20: coûts de protection moyens à partir des calendriers de traitement pour le niveau 2c

Bassin	Nombre de données	Produits fongicides €/ha	Produits insecticides €/ha	*Dont produits carpocapse €/ha*	Total produits sans herbicides ni éclaircissants €/ha	Nombre moyen de passages	Coûts passages €/ha	Total coûts de protection €/ha	Rendement t/ha	Coût de protection au kg de pommes
Sud-Est	2	196	380	*214*	723	13	346	1 192	40	0.030
Sud-Ouest	2	124	272	*181*	452	11	293	868	40	0.021
Val de Loire	2	239	388	*276*	626	12	319	1 068	40	0.027

Variété : Ariane

Sur ces parcelles, le gain économique n'est pas évident à observer, en raison du coût de la confusion et de la baisse de rendement liée au changement de variété. Comme nous l'avons vu dans les paragraphes 2.3.2 et 2.4.3, la confusion engendre un surcoût de 34€/ha, et l'utilisation d'une variété résistante le gain de 226 €/ha. Comme pour le niveau 2b, il faut noter que le rendement est inférieur de 10 t à celui de Golden Delicious, ce qui peut avoir une incidence sur le produit de l'exploitation.

Dans une approche économique plus globale, il serait nécessaire d'analyser les coûts de production en fonction de la valorisation finale du fruit.

2. 6. Niveau 3 : agriculture biologique

Les vergers en agriculture biologique sont implantés sur 2 % du verger français de pommes de table. Peu de données sont disponibles sur ce niveau de rupture (aucun calendrier de traitement dans le Val de Loire), les indications sont donc essentiellement données à dire d'expert.

2. 6. 1. Performances agronomiques

Du fait du mode de culture moins intensif et des dégâts causés par des maladies ou ravageurs maîtrisés mais toujours présents, les rendements en arboriculture biologique sont moindres qu'en arboriculture conventionnelle. Ces rendements ont été fixés par les experts à 50 % de ceux qui ont cours en conventionnel (soit 25 t/ha en Golden Delicious). Ces valeurs peuvent paraître basses, mais elles tiennent compte du fait qu'il peut arriver que le rendement en pommes de table soit quasiment nul en raison des problèmes phytosanitaires.

2. 6. 2. Pression d'utilisation des produits phytosanitaires

Les données moyennes issues des calendriers de traitement présentées dans les tableaux 21 et 22 sont issues de parcelles plantées en diverses variétés. Toutes sont en confusion sexuelle. Dans le tableau 21 sont citées les parcelles plantées avec des variétés sensibles à la tavelure, dans le tableau 22 celles plantées avec des variétés résistantes à la tavelure.

Tableau 21: IFT moyens niveau 3 à partir des calendriers de traitement pour des variétés sensibles à la tavelure

Bassin	Nombre de données	Origine	IFT total moyen insecticides	*Dont IFT moyen carpocapse*	*Dont IFT moyen Pucerons*	IFT moyen acariens	IFT total moyen fongicides	*Dont IFT moyen tavelure*	IFT total moyen sans herbicides ni éclaircissants
Sud-Est	4	La Pugère (Gala)	14	*12.5*	*1.5*	0	11.7	*11.7*	25.7
Sud-Est	2	La Pugère (Golden Delicious)	14	*12.0*	*2.0*	0	6.5	*6.5*	20.5
Sud-Est	2	Drôme (Smoothee)	16	*15*	*1*	0	13.5	*13.5*	29.5
Sud-Est	7	Zone Etude 13 (diverses)	15.7	*14.9*	*0.8*	0	12	*9.9*	27.7
Sud-Ouest	3	CTIFL (Fuji)	9.3	*7*	*2.3*	0.7	17.3	*13*	27.3

Les valeurs moyennes calculées ici semblent assez homogènes pour le Sud-Est, sauf pour Golden Delicious du réseau La Pugère (mais seulement 2 parcelles).

Les valeurs trouvées pour le Sud-Ouest sont cohérentes, c'est-à-dire globalement 5 IFT insecticides de moins et 5 IFT fongicides de plus que dans le Sud-Est.

Tableau 22: IFT moyens niveau 3 à partir des calendriers de traitement pour des variétés résistantes à la tavelure

Origine	Nombre de données	Bassin	IFT total moyen insecticides	*Dont IFT moyen carpocapse*	*Dont IFT moyen Pucerons*	IFT moyen acariens	IFT total moyen fongicides	*Dont IFT moyen tavelure*	IFT total moyen sans herbicides ni éclaircissants
CTIFL (Goldrush)	3	Sud-Est	11.0	*8.7*	*2.3*	0	8.8	*6.2*	19.8
CA 82 (RT)	4	Sud-Ouest	6.7	*3.8*	*2.9*	0	8.7	*4.2*	15.1

Les gains apportés par l'utilisation d'une variété résistante sur la base de ces données, peu représentatives en raison de leur faible nombre, se chiffrent entre 0 et 9. Elles ne sont donc pas prises en compte pour l'estimation des IFT par bassin de production (tableau 23), mais elles viennent conforter les résultats trouvés pour le niveau 2b.

Tableau 23: IFT moyens par bassin de production pour le niveau 3 (non renseignés pour le Val de Loire)

Bassin de production	IFT total insecticides	*Dont IFT carpocapse*	*Dont IFT pucerons*	IFT acariens	IFT total fongicides	*Dont IFT tavelure*	IFT herbicides	IFT éclaircissage	**IFT total**
Sud-Est	14.9	*13.6*	*1.3*	0	10.9	*10.4*	0	0	**25.8**
Sud-Ouest	9.3	*7,0*	*2.3*	0	17.3	*13.0*	0	0	**26.6**

2. 6. 3. Performances environnementales

Ces données moyennes ont été calculées à partir de quelques calendriers de traitement (tableau 24).

Tableau 24: indicateurs agro-environnementaux moyens sur quelques parcelles

Origine	**Nombre de données**	**Bassin**	**EIQ moyen**	**I-PHY arbo moyen**
La Pugère (Golden Delicious)	2	Sud-Est	1 771	7.48
Drôme (Smoothee)	2	Sud-Est	4 822	7.01
CTIFL (Goldrush)	3	Sud-Est	4 699	7.08
CTIFL (Fuji)	3	Sud-Ouest	5 107	7.05

On constate ici la valeur élevée de l'EIQ due aux produits soufrés. Les valeurs d'I-PHY arbo semblent montrer un risque d'incidence sur l'environnement relativement moins importante que pour le niveau 2c.

2. 6. 4. Performances économiques

Des calculs de coût de protection moyen par kilo de pomme sont réalisés pour 2 variétés dans le Sud-Est (tableau 25). On y ajoute les coûts de la confusion sexuelle (210 € de produit et 123 €/ha de main d'œuvre).

Tableau 25: coûts de protection moyens pour le niveau 3 (variétés sensibles et résistantes)

Bassin	Nombre de données	Produits fongicides €/ha	Produits insecticides €/ha	*Dont produits carpocapse €/ha*	Total produits sans herbicides ni éclaircissants €/ha	Nombre moyen de passages	Coûts passages €/ha	Total coûts de protection €/ha	Rendement t/ha	Coût de protection au kg de pommes
Sud-Est Smoothee	4	276	819	*760*	1 095	23.7	631	1 849	25	0.074
Sud-Est Goldrush	3	123	689	*544*	813	18.6	495	1 431	20	0.071

Ces coûts de protection élevés reflètent l'utilisation massive de carpovirusine dont le prix est un peu plus élevé que le prix moyen d'un traitement anti-carpocapse pour le conventionnel (40 €/ha contre 33.2 €/ha), ainsi que le poids du faible rendement en agriculture biologique. D'après les données des calendriers, le coût produit moyen d'un traitement insecticide est de **40.6 €/ha**, contre le carpocapse de **40.5 €/ha** et d'un fongicide de **27.6 €/ha**.

La Chambre d'Agriculture du Vaucluse fournit des références technico-économiques pour une exploitation-type de pomme Royal Gala en AB (rendement de 32 t/ha) utilisant la confusion sexuelle (donc coûts déjà pris en compte). Le total des charges indiqué est de 15 816 €/ha hors charges de structure, soit une valeur similaire à celle trouvée pour un verger de Golden Delicious conventionnel. Ces charges sont cependant réparties différemment : moins de main d'œuvre en récolte due au faible rendement, mais 100 h d'éclaircissage manuel et plus d'opérations réalisées manuellement, pas d'herbicide chimique mais du désherbage mécanique, 40h de taille en vert. L'utilisation de variétés résistantes avec gain de 5 traitements contre la tavelure permettrait d'économiser 5 X (26.6 + 27.6) = **271 €/ha.**

Le désherbage mécanique, seule technique utilisée en bio, est très peu appliqué en arboriculture conventionnelle (mais pourrait être un peu plus utilisée avec l'amélioration des outils). En effet, il n'est pas praticable en vergers buttés ou avec système d'irrigation au sol, et peut nécessiter la pose de manchons de protection du tronc sur les arbres. Cela nécessite des passages dans le verger à vitesse réduite à des moments très précis dans la saison, pour une maîtrise correcte des adventices. Toutes ces contraintes demandent une réorganisation du travail, et doivent être appliquées très rigoureusement surtout dans les jeunes vergers bios où l'herbe concurrence fortement les arbres.

Les prix d'achat des pommes bio sont globalement plus élevés que ceux des pommes conventionnelles, ce qui permet de compenser en partie les faibles rendements.

L'arboriculture AB permet de limiter les impacts environnementaux. Si l'on raisonne uniquement sur une diminution de l'IFT, alors l'AB ne permet pas une diminution de 50% de cet indicateur par rapport au niveau 1, mais plutôt de 25 à 39 % selon les bassins de production.

2. 7. Comparaison des niveaux de rupture

Ces comparaisons sont réalisées à partir des données résumées dans les tableaux décrivant chaque niveau de rupture.

2. 7. 1. Performances agronomiques

Si l'on considère que les niveaux 2b et 2c sont mis en culture avec les variétés résistantes les plus utilisées en France (Ariane et Goldrush), alors il faut attendre un rendement légèrement inférieur pour ces niveaux là au niveau 1 (environ 10 t/ha de moins). Pour le niveau 3, le rendement est généralement inférieur de 50% à celui du niveau 1.

Au-delà de cet indicateur, pour avoir une vision plus précise de la performance du verger, il faudrait également connaître le calibre des fruits, leur qualité, et leur utilisation finale (pomme de table, jus, industrie), ce qui nous permettrait d'avoir une indication sur leur prix de vente.

2. 7. 2. Pression d'utilisation des produits phytosanitaires

La comparaison des IFT moyens insecticides, fongicides et totaux par bassin de production et niveaux de rupture est synthétisée dans les figures 2, 3 et 4 ci-contre.

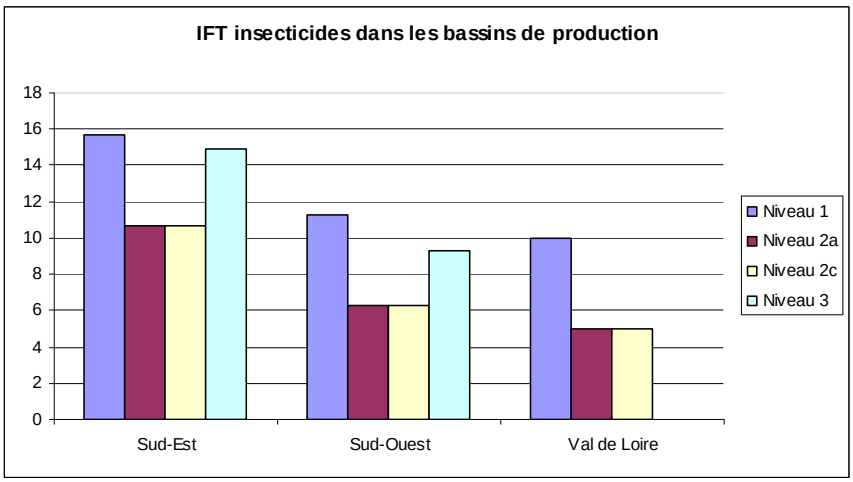

Figure 2: IFT insecticides moyens dans les principaux bassins de production

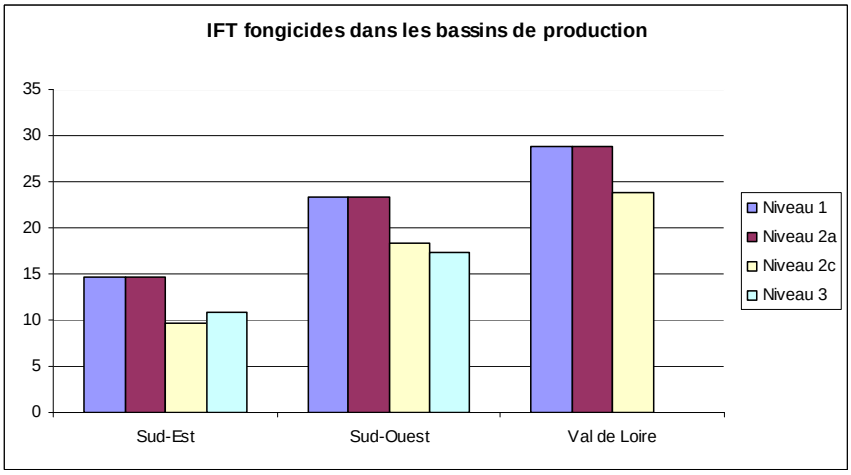

Figure 3: IFT fongicides moyens dans les principaux bassins de production

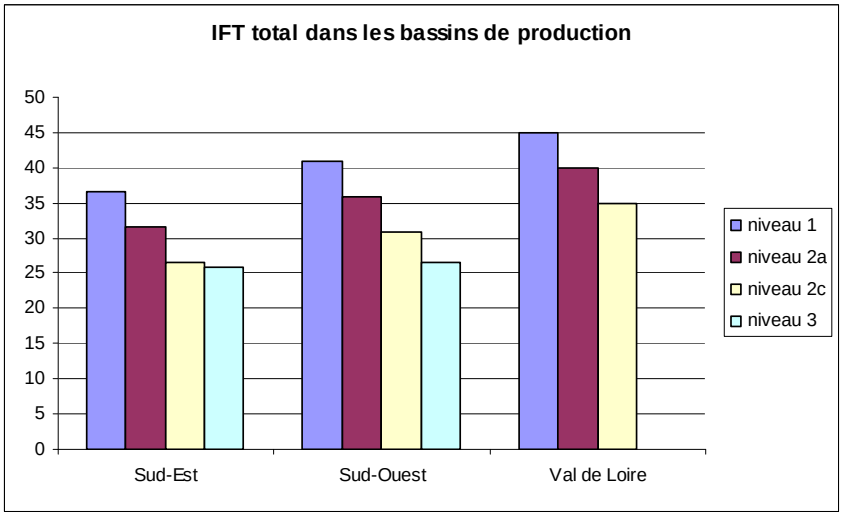

Figure 4: IFT totaux moyens dans les principaux bassins de production

Si l'on raisonne uniquement en terme de réduction de l'IFT, alors ni le cumul confusion sexuelle/variété résistante, ni l'agriculture biologique ne permettent une réduction de 50% de l'indicateur.

2. 7. 3. Performance environnementale

La comparaison entre les niveaux de rupture pour l'indicateur I-PHY arbo est réalisée à partir de toutes les données disponibles pour chaque niveau, c'est-à-dire toutes variétés confondues (figure 5). Au vu de la faiblesse de l'échantillon, les valeurs ne sont utilisées qu'à titre de comparaison, et non afin de définir une valeur seuil de « bonnes pratiques ».

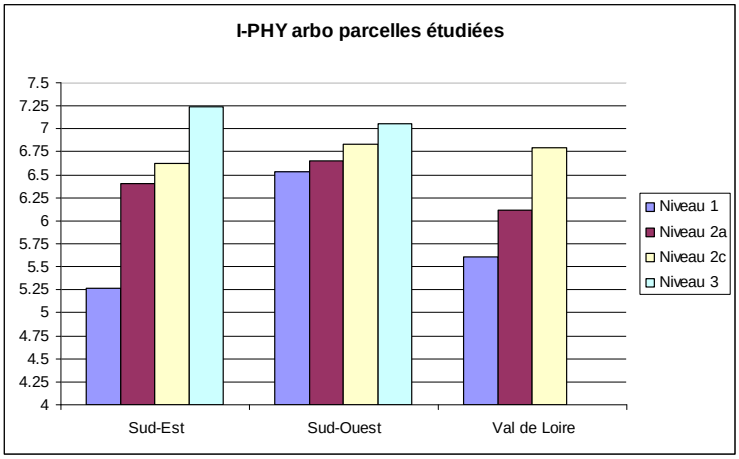

Figure 5: I-PHYarbo indicatif pour les parcelles étudiées

Ces comparaisons montrent qu'à l'échelle des parcelles dont nous disposons des calendriers de traitement, l'application de techniques alternatives aux traitements chimiques de synthèse entraîne une diminution des impacts sur l'environnement. Cette tendance a également été observée sur une étude réalisée sur la Zone d'Etude 13 (Picard, 2007), avec pour le niveau 1 un I-Phy arbo de 2.8 (sont inclus les herbicides et les éclaircissants), pour le niveau 2a une valeur de 3.7 et pour le niveau 3 une valeur de 4.5.

2. 7. 4. Performances économiques

Les coûts moyens de protection au kilo de pomme pour les différents bassins de production et niveaux de rupture sont comparés dans la figure 6.

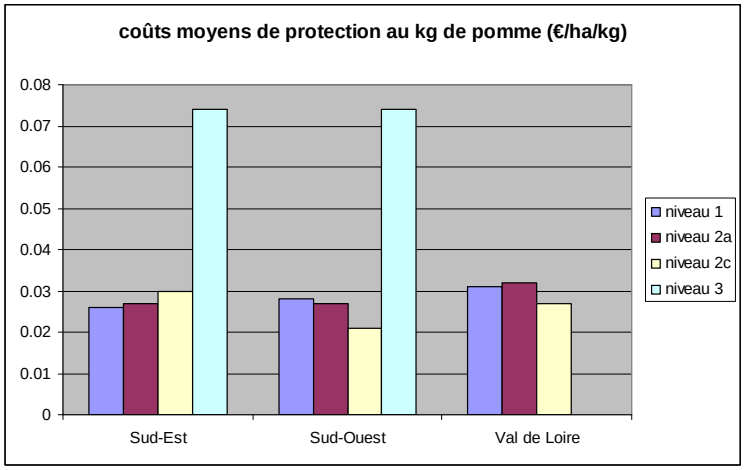

Figure 6: coûts de protection moyens au kilo de pommes

Les coûts de protections par kilo de pomme pour l'agriculture biologique sont plus élevés que pour les autres niveaux, en raison d'un prix des produits légèrement plus élevé, mais surtout d'un rendement moindre. Ces coûts de protections élevés peuvent être compensés par une meilleure valorisation des fruits.

2. 8. Tentative d'extrapolation au verger de pommier national

Les données rassemblées semblent très insuffisantes pour dégager des références qui seraient utilisables pour une extrapolation nationale. Néanmoins, les ordres de grandeur trouvés sont validés par une enquête confidentielle. L'analyse est donc poursuivie à l'échelle du territoire national, pour nous permettre de dégager des tendances de comparaison entre les différents niveaux.

Le tableau 26 résume les valeurs moyennes d'IFT relevées pour les différents niveaux et bassins de production.

Tableau 26: IFT moyens pour les différents niveaux de rupture

Bassins	IFT insecticides moyens				IFT fongicides moyens				IFT totaux moyens			
Niveau	***1***	***2a***	***2c***	***3a***	***1***	***2a***	***2c***	***3a***	***1***	***2a***	***2c***	***3a***
Sud-Est	15.7	10.7	10.7	14.9	14.7	14.7	9.7	10.9	35.0	30.0	25.0	26.1
Sud-Ouest	11.3	7.3	7.3	9.3	23.2	23.2	18.2	17.3	39.1	35.1	30.1	26.9
Val de Loire	10.0	6.0	6.0		28.8	28.8	23.8		43.4	39.4	34.4	

Pour donner une estimation des IFT moyens au niveau national, on s'appuie sur les surfaces relatives de chaque bassin de production et de chaque niveau de rupture (tableau 27).

Tableau 27: surfaces relatives des bassins de production et niveaux de rupture

	Sud-Est	Sud-Ouest	Val de Loire	Niveau 1	Niveau 2a	Niveau 2c	Niveau 3
Pourcentage du verger français	40.0	33.0	27.0	56.9	40.0	1.0	2.1

La surface du niveau 2c est fixée arbitrairement à 1% car anecdotique. La surface en niveau 1 découle de celles des niveaux 2a, 2c et 3.

Pour calculer un IFT insecticides national pour le niveau 1, on pondère les IFT de chaque bassin par la surface relative de ce bassin = (0.4 X 15.7) + (0.33 X 11.3) + (0.27 X 10.0) = 12.7

Une fois tous les IFT nationaux calculés (tableau 28), on peut extrapoler au niveau français en pondérant les IFT par niveau par leur importance relative dans le verger français. Ainsi pour l'IFT insecticides français, on a (0.569 X 12.7) + (0.40 X 8.3) + (0.01 X 8.3) + (0.021 X 12.3) = 10.9

Tableau 28: IFT moyens en vergers de pommiers à l'échelle nationale, par niveau de rupture

Niveaux	IFT insecticides moyens	IFT fongicides moyens	IFT totaux moyens
1	12.7	21.3	38.6
2a	8.3	21.3	34.2
2c	8.3	16.3	29.2
3	12.3	13.8	26.5
France	***10.9***	***21.1***	***36.5***

2. 9. Comparaison des niveaux de rupture : exemple du dispositif BioREco de l'INRA Gotheron

Ce dispositif a été créé dans le but de concevoir, expérimenter et évaluer des systèmes de culture fruitière pérennes permettant la maîtrise des intrants et des rejets agricoles tout en préservant la qualité des fruits. Il permet également d'intégrer des méthodes, outils et stratégies de protections validées dans l'itinéraire technique (dont l'aspect variétal), et de tester des itinéraires techniques à bas niveau d'intrants pour 2 modes de production. Ce dispositif, mis en place en 2005, nous permet de comparer différents niveaux de rupture pour des parcelles implantées dans des conditions identiques.

2. 9. 1. Description du dispositif

Trois systèmes de culture, qui diffèrent principalement pour la protection (sauf AB) :

- RAI (raisonné), selon la charte nationale PFI, avec comme objectif l'efficience des intrants (zéro prise de risque), le rendement et la qualité commerciale sont privilégiés,
- ECO (économe en intrants), selon les directives 2002 de l'OILB, avec comme objectifs de limiter les intrants (principalement phytosanitaires, mais aussi énergie, azote),
- BIO, conforme au règlement CEE de l'agriculture biologique + homologation nationale des intrants utilisés, avec comme objectifs d'optimiser les intrants et de gérer les verrous existants dans l'itinéraire technique.

Ces systèmes sont appliqués sur les variétés Ariane (résistante tavelure), Melrose (rustique) et Smoothee® (mutant Golden Delicious), soit 9 parcelles de 0.4 ha chacune, plantées en janvier 2005 (donc verger encore jeune, début de production en 2006). Les parcelles sont évaluées en termes de performance agronomique, environnementale et technico-économique.

La correspondance avec les niveaux de rupture est indiquée dans le tableau 29.

Tableau 29: correspondances BioREco / Ecophyto R&D

ECOPHYTO R&D	BioREco
Niveau 1	RAI Melrose, RAI Smoothee
Niveau 2a	ECO Melrose, ECO Smoothee
Niveau 2b	RAI Ariane
Niveau 2c	ECO Ariane
Niveau 3a	BIO Melrose, BIO Smoothee
Niveau 3b	BIO Ariane

2. 9. 2. Performances des systèmes, campagnes 2007 et 2008

Pour chacun des niveaux et des saisons, les IFT ont été calculés en fonction des calendriers de traitement fournis (tableau 30).

On constate que pour les niveaux 2a, 2c, 3a et 3b, l'IFT contre le carpocapse diminue fortement d'une année à l'autre (on atteint même le zéro traitement dans le mode ECO). En effet, en 2007, le verger était encore jeune et donc protégé par des traitements durant les pics de vol. En 2008, sur un verger un peu plus âgé, la réalisation de contrôles réguliers tout au long de la saison a permis de vérifier que les seuils de déclenchement des traitements en ECO n'étaient pas atteints, et donc de ne pas traiter.

En 2008, l'utilisation de la confusion sexuelle a permis d'économiser de 14 à 16 IFT contre le carpocapse.

Tableau 30: IFT pour le dispositif BioREco saisons 2007 et 2008

	IFT insecticides		*Dont IFT carpocapse*		IFT acaricides		IFT fongicides		IFT total (sans herbicide ni éclaircissants)	
Année	**2007**	**2008**	**2007**	**2008**	**2007**	**2008**	**2007**	**2008**	**2007**	**2008**
Niveau 1	14.0	18.5	*11.0*	*14.5*	0	0	10.0	17.5	24.0	36.0
Niveau 2a	11.5	2.0	*8.0*	*0*	0	0	7.0	10.0	18.5	12.0
Niveau 2b	15.0	20.0	*11.0*	*16.0*	0	0	5.0	7.0	20.0	27.0
Niveau 2c	11.0	2.0	*8.0*	*0*	0	0	3.0	7.0	14.0	9.0
Niveau 3a	12.0	9.0	*9.0*	*6.0*	0	0	12.0	17.3	24.0	26.3
Niveau 3b	12.0	8.3	*9.0*	*5.0*	0	0	4.0	8.0	16.0	16.3

3a : variétés sensibles à la tavelure, 3b : variétés résistantes à la tavelure

L'utilisation d'une variété résistante permet d'économiser de 5 (en 2007) à 10 (en 2008) IFT fongicides. Les pourcentages de dégâts restent faibles pour tous les itinéraires techniques (de 0.4% pour Ariane RAI à 7.5% pour Melrose BIO, (Simon *et al*, 2008).

Ce dispositif permet également d'observer l'influence du choix variétal (figure 7). Pour chaque itinéraire technique, la variété Smoothee® reçoit plus de traitements que les 2 autres variétés. Ce graphique montre également que les produits PIRRP sont utilisés à hauteur de 7 à 8 IFT en RAI, 2 pour Smoothee® en ECO et 0.3 pour Melrose et Ariane en ECO.

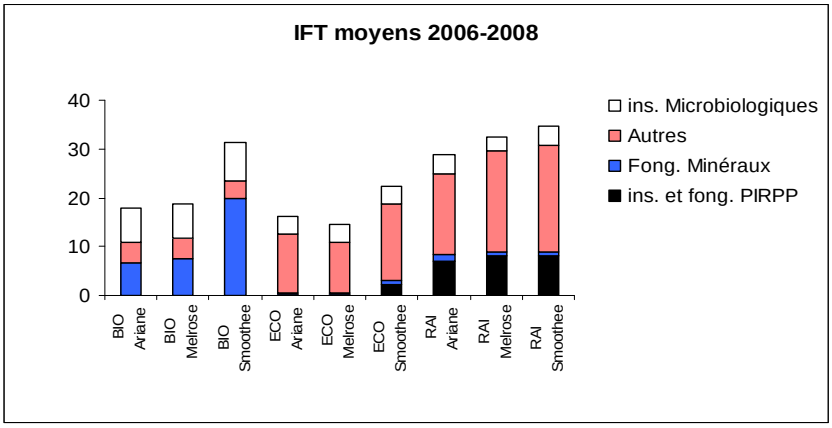

Figure 7: IFT moyens 2006-2008 avec herbicides et éclaircissants, dispositif BioREco

Les valeurs et tendances observées sur le dispositif BioREco viennent donc conforter celles décrites plus haut à l'aide des calendriers de traitement et des dires d'expert.

Les I-PHY arbo moyens sur 2006-2008 (figure 8) montrent que le système ECO a un impact environnemental moins important que le RAI et le BIO.

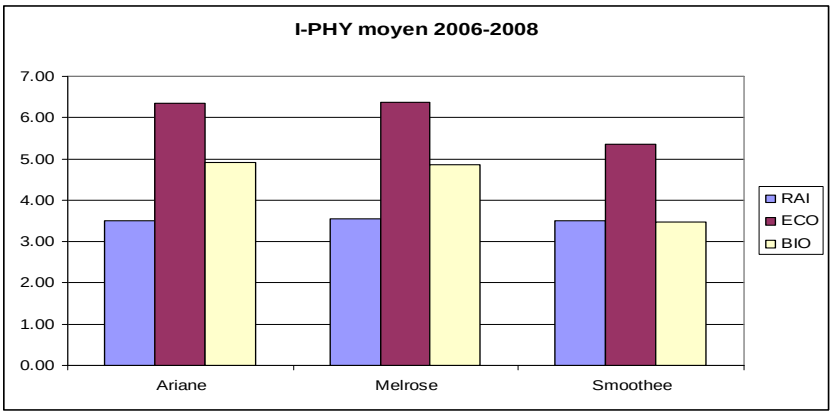

Figure 8: I-PHYarbo moyen 2006-2008 avec herbicides et éclaircissants, dispositif BioREco

Ce dispositif expérimental, au-delà de confirmer les tendances décrites pour les différents niveaux de rupture, va permettre après quelques années de suivi, d'évaluer les conséquences économiques de l'utilisation des différents itinéraires techniques car il a pour but une production commerciale.

2. 10. Autres techniques ou modes de culture moins dépendants en produits phytosanitaires

Dans cette partie vont être décrits des techniques ou des modes de culture pouvant entraîner des modifications de l'IFT, et n'étant pas détaillés plus haut en raison d'un manque de recul, d'une non prise en compte dans la description des niveaux de rupture ou de la faible surface impliquée.

D'autres techniques alternatives n'ont pas été développées dans le présent rapport, comme les mesures prophylactiques pour réduire l'inoculum des maladies ou les populations de ravageurs, le piégeage massif des insectes, le paillage contre les mauvaises herbes ou la thermothérapie contre les maladies de conservation.

2. 10. 1. Alt'Carpo

Elaboré en 2005 par la Chambre d'Agriculture du Vaucluse et le GRAB, validé expérimentalement en 2006, le concept Alt'Carpo se développe en vergers depuis 2007. Cette technique consiste à couvrir la parcelle ou les rangs par un filet type paragrêle, avec si possible des mailles « 4 x 4 » pour prévenir les infestations de carpocapse. En 2008, sur 150 ha protégés par ce type de filets, 40 parcelles (dont 4 sous filet monoparcelle) ont été suivies. A la récolte et sans aucun traitement contre le carpocapse, 36 parcelles présentaient 0 dégâts, avec une moyenne pour les 40 parcelles de 6 attaques pour 10 000 fruits (Séverac *et al*, 2008).

Des calendriers de traitement de parcelles en Pink Lady® PFI (figure 9) et en Juliet® bio (figure 10), nous permettent de comparer les IFT et les indicateurs agro-environnementaux (figure 11) pour des itinéraires techniques incluant la confusion sexuelle ou le filet Alt'Carpo. Dans les deux cas, il s'agit de la comparaison de 2 parcelles proches d'un même verger, dans les mêmes conditions de pression phytosanitaire.

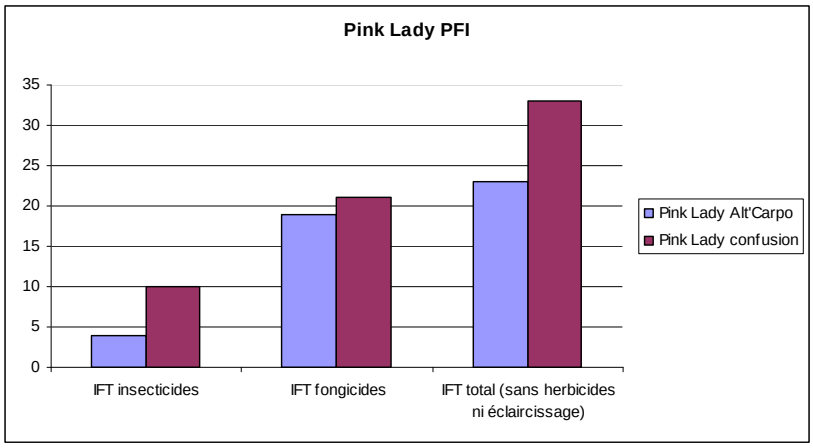

Figure 9: Pink® Lady en PFI, étant en confusion sexuelle ou filet

Sur Pink Lady® (variété tardive), l'utilisation du filet permet l'économie de 6 IFT insecticides et 2 IFT acaricides (ceci pourrait être dû au fait qu'aucun insecticide chimique n'est utilisé sur la parcelle sous filet, ce qui réduit donc les effets secondaires de ces produits sur la faune auxiliaire).

La parcelle en confusion a reçu 11 IFT insecticides supplémentaires (virus de la granulose + Bt[11]).

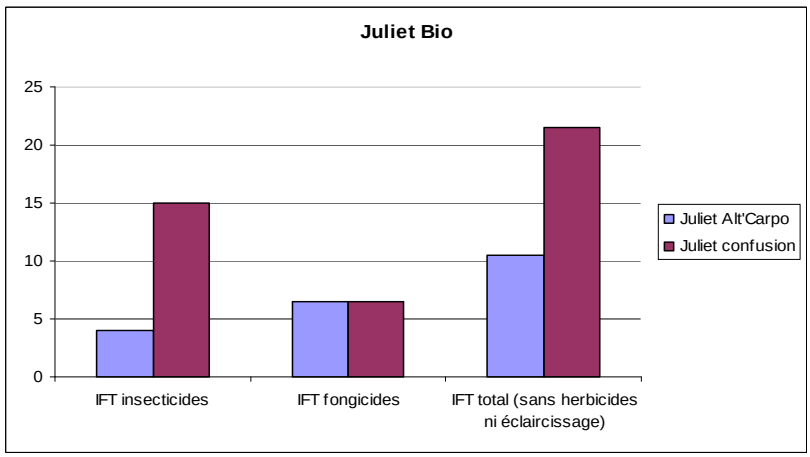

Figure 10: Juliet® en bio, étant en confusion sexuelle ou filet

[11] Bt : *Bacillus thuringiensis*

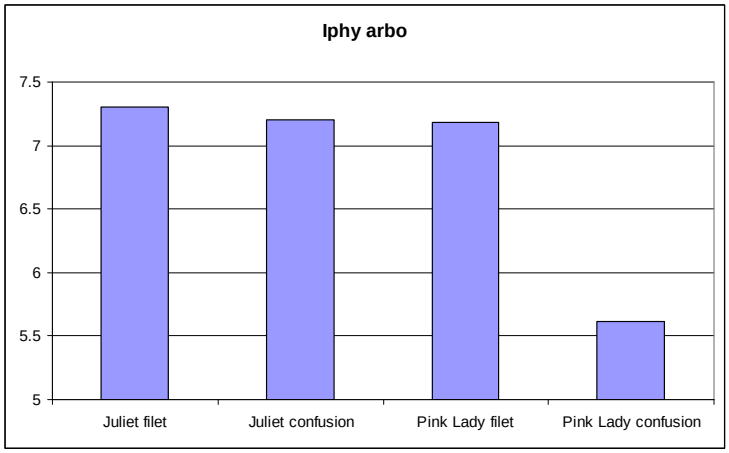

Figure 11: comparaison des I-PHYarbo confusion ou filet

L'impact sur l'environnement est considérablement réduit quand les filets sont utilisés sur Pink Lady®. En effet dans ce cas, les traitements économisés sont des traitements à forts impacts environnementaux (chlorpyriphos-éthyl, azynphos-méthyl). Dans le cas de Juliet® en agriculture biologique, les traitements économisés sont des traitements microbiologiques, comptabilisés dans le calcul d'IPHY arbo, mais à faible impact sur l'environnement. Bien utilisés, c'est-à-dire fermés à temps, ces filets permettent donc une très forte économie de traitements.

Les premières observations montrent également une efficacité contre les oiseaux, la zeuzère, et sans doute partiellement la tordeuse orientale. Il n'a pas été noté d'effets secondaires sur la couleur des fruits, ni sur la tavelure, ou le puceron cendré, mais selon les premières expérimentations un effet freinant sur l'oïdium et le puceron vert (Sauphanor *et al,* 2008a) ainsi qu'une modification des communautés d'auxiliaires : augmentation des densités de forficules et syrphes, diminution des coccinelles (Dib *et al*, 2008).

Des travaux sont en cours dans différentes stations régionales et au Ctifl pour étudier l'approche globale du système, notamment la maîtrise de la tavelure et la gestion de la charge.

La durée de vie des filets est estimée à 6 ans. Pour une installation en monorang, il faut compter de 6 500 à 11 000 €/ha, et en monoparcelle de 2 000 à 9 000 €/ha en fonction de la structure paragrêle déjà existante sur la parcelle.

2. 10. 2. Influence de la précocité variétale

Il existe chez la pomme une gamme de précocité allant pour la récolte d'août (Gala) à novembre (Pink Lady®). Plus la pomme est exposée aux ravageurs et maladies, et plus longue sera la période de protection. Nous en avons quelques exemples dans les calendriers de traitement. Pour des vergers suivis par le GRCETA, les variétés tardives ont reçu 4 insecticides de plus que les pommes de variété Gala. Pour des parcelles CTIFL en Val de Loire, les Golden Delicious ont reçu 5 fongicides de moins que les Pink Lady®.

Ce critère variétal, que ce soit au niveau de la précocité ou au niveau de la sensibilité, est à considérer avec importance puisqu'il conditionne en partie le nombre de traitements qui va être effectué sur la parcelle. En effet, la sensibilité variétale affecte l'infestation tavelure de manière beaucoup plus forte que la gestion de la protection fongicide. Or, une tendance actuelle du verger français est d'accroître les surfaces en Pink Lady®, variété club sensible et très tardive : ce choix pénalise de fait les possibilités de réduction des pesticides permises par le choix variétal lors du renouvellement du verger

2. 10. 3. Le cas particulier du verger cidricole

Le verger cidricole est une déclinaison spécifique de l'arboriculture fruitière en raison du matériel végétal cultivé (espèces basitones très alternantes peu sensibles aux maladies) et de la valorisation des fruits (récoltés mécaniquement au sol, pas de calibre minimum ni de contraintes d'aspect visuel, mais une gestion délicate des maladies d'altération des fruits). Les principales zones de production en France sont la Normandie, la Bretagne et les Pays de la Loire : 8 700 ha pour 230 000 t en 2007 (source IFPC). Il existe plusieurs variétés cidricoles classées en fonction de la saveur de leur jus et de leur potentiel de production (de 20 à plus de 40 t/ha). 10 à 40 % de ce verger est peu traité (1 à 5 passages par an), 40 à 70 % reçoit une protection moyenne et 20 % environ une protection soutenue (alimentation foliaire, éclaircissage chimique…).

En règle générale :

- Tavelure : 3 à 5 traitements spécifiques par an
- Oïdium : 1 à 2 traitements spécifiques par an (quelques variétés sensibles)
- Chancre : traitements cupriques à l'automne
- Quelques variétés sensibles à la moniliose, problème de conservation des fruits avant la récolte
- Pucerons : traitements contre le cendré uniquement, 1 pré-floral et 1 ou 2 post-floraux
- Carpocapse : 1 à 3 traitements selon la zone et l'année, seulement 30 à 50 ha en confusion sexuelle
- Anthonomes et acariens : 1 à 2 traitements, de plus en plus de vergers touchés
- Désherbage : 2 passages par an en verger adulte

L'analyse de calendriers de vergers de la catégorie « peu traités » donne des IFT de 2.2 pour les insecticides et 2 pour les fongicides, avec un I-PHY arbo de 7.25. Dans le cas des vergers protégés intensivement, on trouve des IFT totaux entre 10 et 15. La confusion sexuelle n'est pratiquement pas utilisée en verger cidricole, elle viendrait en remplacement de seulement 1 ou 2 traitements insecticides. Les vergers peu traités incluent souvent le broyage des feuilles, et s'affranchissent en général de traitements anti-tavelure l'année suivante.

Autre particularité, ces vergers abritent beaucoup d'anthonomes, de cochenilles (rouge du poirier, ostréiforme, virgule), d'hoplocampes. Les parcelles sont traitées plus intensivement quand le raisonnement s'accroît (priorité à l'objectif économique).

Environ 1 300 ha sont en agriculture biologique, avec des rendements de 15 à 25 t/ha et un prix de vente augmenté d'au moins 50 €/t par rapport au conventionnel. Le programme de traitement moyen comprend 2 Bt, 2 virus de la granulose, 4 traitements cupriques et 6 au soufre (soit un IFT environ égal à 5 en raison de l'utilisation de doses décroissantes).

2. 11. Bilan carbone

Au-delà des économies en produits phytosanitaires, il serait judicieux d'étudier le bilan carbone de chacun des itinéraires techniques proposés. A l'échelle de l'expertise et vu les données disponibles, une comparaison de la « consommation carbone » peut être réalisée en dénombrant le nombre de passages motorisés dans le verger. En effet en arboriculture fruitière, « 1 traitement » n'est pas forcément équivalent à « 1 passage », car certains mélanges de produits sont autorisés. Ainsi sur la Zone d'Etude 13 pour les 26 parcelles de niveau 1, on relève une moyenne de 17.3 passages dans le verger pour un IFT moyen de 26.5 (ratio IFT/passages de 1.53). Pour les 14 parcelles du niveau 2a, une moyenne de 14.6 passages pour un IFT de 22.1 (ratio de 1.51). Pour les 7 parcelles du niveau 3, une moyenne de 24.0 passages pour un IFT de 27.7 (ratio de 1.15).

On constate qu'en agriculture biologique, le ratio IFT sur nombre de passages est le plus faible. En effet, ce type d'agriculture demande d'effectuer des passages répétés avec la même molécule (soufre ou carpovirusine

par exemple) sans mélange souhaitable (risque de moindre efficacité). On trouve donc presque l'équivalence 1 traitement = 1 passage. Le coût carbone de cet itinéraire technique est donc à prendre en compte.

Il faudrait ensuite pouvoir calculer les coûts carbones des différents types de produits (fongicides minéraux/synthèse industrielle, insecticides microbiologiques/chimiques) utilisés dans les niveaux de rupture afin d'avoir une vision complète de leurs coûts énergétiques.

Les résultats obtenus pour la pomme de table pour les différents niveaux de rupture sont conformes à ce qui est trouvé dans une enquête nationale confidentielle sur la consommation de pesticides en France. On constate qu'actuellement, on ne trouve pas d'assemblage de techniques validées qui permette une réduction de 50 % de l'IFT à partir du niveau 1.

3. PERFORMANCES DES NIVEAUX DE RUPTURE POUR LES VERGERS DE PECHERS

Les pêchers ont été traités en complément des pommiers. Les chiffres présentés ici sont des indications à dire d'expert, aucun n'est issu de l'analyse de calendriers de traitements. Les niveaux de rupture sont les mêmes que pour les pommes, mais sont très théoriques.

3. 1. Principaux ravageurs et maladies des pêchers

3. 1. 1. Maladies des pêchers

- *La cloque (Taphrina deformans)* : traitements quasi systématiques. On connaît très peu de choses sur les pertes réellement liées à cette maladie, pas de modèle de raisonnement disponible.

- *Oïdium (Sphaerotheca pannosa)* : traitement systématique par molécules de synthèse et soufre. La pression peut être très importante localement et nécessiter une dizaine de traitements.

- *Monilioses (Monilia laxa, Monilia fructigena, Monilia fructilcola)* : pose problème parfois au verger et principalement pour la conservation des fruits après récolte, surtout en bio car pas de traitement efficace autorisé. Il existe une approche variétale, et il est conseillé de bien maîtriser l'irrigation, la fertilisation et l'aération du verger. Le retrait prophylactique des momies et des chancres intervient pendant la taille d'hiver.

- *La sharka (Plum Pox virus)* : arrachage obligatoire des vergers si plus de 5 ou 10 % de dégâts selon les régions. Arrachage dans tous les cas des arbres malades. Le virus est transmis par plusieurs espèces de pucerons dont certaines ne sont pas inféodées au pêcher.

- *Bactérioses (Pseudomonas syringae pv.Syringae, Xanthomonas arboricola* pv. *Pruni*) : pas de gros dégâts ces dernières années, mais pression latente pour Xanthomonas.

3. 1. 2. Ravageurs des pêchers

- *Pucerons vert, noir, brun, farineux, cigarier (Myzus persicae, Brachycaudus persicae, Brachycaudus schwartzi, Hyalopterus amygdali, Myzus varians)* : en conventionnel, on trouve surtout des pucerons verts. Des variétés résistantes existent mais ne répondent pas entièrement aux critères agronomiques du marché. Le puceron vert est résistant à certaines molécules anciennes (pyréthrinoïdes) et des questions se posent sur des molécules nouvelles (néonicotinoïdes). Peut causer de graves problèmes allant jusqu'à la mort de l'arbre. Les espèces et les stratégies de luttes sont différentes selon les modes de productions (Penvern et al, 2008)

- *Tordeuse orientale (Cydia molesta)* **:** la pression est très changeante selon les années et la localisation. Depuis 2003, la situation est devenue globalement plus difficile avec des résistances soupçonnées. La confusion sexuelle est homologuée et efficace sur des vergers ayant une surface homogène suffisamment grande.

- *Thrips : Frankliniella occidentalis* cause des dégâts sur la peau des nectarines, pose problème pour l'apparence du fruit. *Taeniothrips meridionalis* est cité sur fleurs et jeunes fruits, sur les nectarines et quelques pêches.

- *Cochenilles* (*Pseudaulacaspis pentagona, Diaspidiotus perniciosus*) : traitement aux organophosphorés, avec en complément le brossage des encroûtements en hiver.

- *Cicadelles (Metcalfa pruinosa)* **:** a disparu dans le Sud mais toujours présente sur le front de colonisation dans la Drôme et les Pyrénées-Orientales. Régulée par l'adaptation des antagonistes locaux, en synergie avec des lâchers de parasitoïdes.

- *Acariens (Panonychus ulmi) :* peuvent poser problème, sont en nette recrudescence en 2008.

- *Mouche méditerranéenne (Ceratitis capitata) :* gros problème dans les Pyrénées-Orientales dans les zones côtières. Peut devenir un problème prioritaire puisqu'il n'y aura plus de molécules homologuées la saison prochaine.

3. 2. Niveau 1 : cultures conventionnelles actuelles

Ce niveau représente de 50 à 60 % du verger français de pêchers. Les séquences de traitement classiques (à dire d'expert) sont indiquées dans le tableau 31.

Tableau 31: traitements en verger de pêcher, niveau 1 (dires d'experts)

Cible	Nombre de traitements	Remarques
Pucerons	2 à 4	Seuil d'intervention = présence Alternance de matières actives difficile car retrait des molécules
Tordeuse orientale	3 à 5	Peut monter à 15 si forte pression, sans garantie d'efficacité Traitements ovicides selon observations
Thrips meridionalis	1 à 2	Sur certaines variétés
Thrips californien	1 à 2	Sur les nectarines
Cochenilles, acariens, mouches	1 à 4	Si infestation
Cloque	3	Quasi systématiques
Oïdium	4	Peut aller jusqu'à 10, baisse de la dose de soufre au fur et à mesure
Monilioses	1 à 4	Fonction de la précocité + pluie
Bactérioses	2	Demi-doses
Herbicides	2 à 3	50 % de la surface du verger

Soit 20 à 33 traitements selon les pressions, pour un IFT variant entre 18 et 28 (selon dires d'experts sur les doses).

3. 3. Niveau 2a : technique limitant les risques ravageur

Il s'agit de l'utilisation de la confusion sexuelle, homologuée pour la tordeuse orientale chez le pêcher. Cette technique est implantée sur environ 40 à 50 % du verger français, avec de fortes disparités selon les zones. Son efficacité est limitée par le morcellement des vergers lié notamment aux arrachages sanitaires pour lutter contre la sharka. A dire d'expert, elle peut faire diminuer le nombre de traitements :

- si faible pression : de 2 à 5 selon la période de maturité,
- si forte pression : pas de diminution mais contribue à l'assainissement (sur certaines parcelles, il faut occasionnellement associer confusion + 15 traitements pour limiter les dégâts)

3. 4. Niveau 2b : technique limitant les risques maladie

Il n'existe pas de variétés résistantes aux maladies. Les variétés actuelles sont toutes issues du même fond génétique plutôt sensible, mais ne sont pas testées ou classées pour leur sensibilité à l'oïdium ou à la cloque.

3. 5. Niveau 2c : combinaison de techniques

Comme il n'existe pas de variétés résistantes, il s'agit dans ce niveau d'associer la confusion sexuelle à des méthodes de prophylaxie. Les méthodes prophylactiques consistent en une bonne gestion de l'irrigation et de la fertilisation (pas d'excès), en une taille en vert (pucerons et thrips), au ramassage des momies l'hiver (monilioses), et à de bonnes pratiques en conservation (lavage des caisses).

Ces méthodes permettent de réduire les risques, mais pas de diminuer le nombre de traitements. Par contre, en cas de mauvaises pratiques, on sera amené à augmenter le nombre de traitements.

Comme pour le pommier, il faut également s'attacher à la précocité des variétés plantées, ce qui permet de réduire le nombre de traitements contre la tordeuse orientale et les monilioses (économie d'1 ou 2 traitements selon la précocité). Cependant, les variétés précoces sont chères à produire, moins performantes et en concurrence directe avec la production espagnole. Leur surface est en diminution, compensée par des plantations d'abricots ou de kiwis.

3. 6. Niveau 3 : agriculture biologique

Ce niveau représente 315 ha en France, il est donc anecdotique. La séquence de traitements classique est présentée dans le tableau 32.

Tableau 32: traitements en verger de pêcher niveau 3 (dires d'experts)

Cible	Nombre de traitements	Remarques
Pucerons	2	Huiles fractionnées, rarement roténone ou savons, test des argiles en automne (permettraient le gain d'un traitement ?)
Tordeuse orientale	0 à 3	En plus de la confusion, fonction de la précocité et de la pression régionale
Thrips meridionalis	0	0
Thrips californien	0	0
forficules	glu	Au pied des arbres
Cloque	2 à 3	Cuivre + compléments de soufre
Oïdium	2 à 3	Doses fractionnées
Monilioses	0	Pas de molécule homologuée, essais de thermothérapie après la récolte
Bactérioses	2	Demi-doses
Herbicides	0	Désherbage mécanique

Le rendement est environ inférieur de moitié au conventionnel. Les écarts de prix sont moins fluctuants en bio, mais les bonnes années les prix sont meilleurs en conventionnel (et « moins pires » en bio les mauvaises années).

Le niveau 3b pourrait inclure, en plus de la confusion et des mesures décrites plus haut, la tolérance variétale, la précocité, la limitation du nombre de traitements contre les bactérioses et l'oïdium, la prise en compte des sensibilités variétales, le retrait des fruits pourris, la maîtrise de l'irrigation et de la fertilisation, la stimulation des défenses naturelles des plantes (engrais foliaires, mais pas encore de démonstration de l'efficacité).

Cette présentation du verger de pêchers français est très succincte, mais elle permet de mettre en avant des problèmes qui ont cours sur d'autres cultures fruitières, à savoir le manque de moyens pour tester les techniques alternatives ou mettre en place des modèles d'aide au traitement, et le manque de recherches sur les sensibilités variétales ou la création variétale. Des travaux sont conduits sur la sensibilité des variétés à

Monilia et à Xanthomonas, sur l'emploi de *Bacillus thuringensis* contre les tordeuses, des argiles contre les pucerons, et sur la technique de thermothérapie par l'eau comme traitement en conservation.

Ce verger est en nette diminution, et la forte concurrence des pays du Sud et les fortes pressions phytosanitaires devraient pousser à reconcevoir la culture de la pêche en France. La filière bio notamment, est très difficile car la pêche est un fruit commercialisé en frais pour lequel des freins techniques importants persistent, surtout sur les variétés tardives. Un nouveau concept de verger en « haie alternée » est actuellement à l'étude et devrait permettre de réduire l'emploi des produits phytosanitaires.

4. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

4. 1. Limites, difficultés

4. 1. 1. Données disponibles

En l'absence d'enquête sur les pratiques culturales en arboriculture fruitière, peu de données sont disponibles pour l'analyse. Comme le montre le volet 2 de l'expertise, les données issues des Stations d'Expérimentation sont difficilement mobilisables et peu adaptées à l'étude (dispositifs monofactoriels) (Cf, Tome VIII). Celles qui ont été obtenues à la faveur de sites expérimentaux sont fragmentaires, récentes et pas nécessairement représentatives. L'emploi des produits phytosanitaires peut parfois y être inférieur à ceux de vergers de producteurs ne disposant pas du même encadrement. L'expérimentation système BioREco de l'INRA Gotheron intègre sur un même site l'ensemble des niveaux de ruptures retenus par le groupe d'experts et fournit des valeurs pour la majorité des indicateurs, mais le raisonnement des pratiques pour chacun des niveaux peut être qualifié d'optimal, et sans doute difficilement accessible à un grand nombre d'arboriculteurs. Seuls des dispositifs de type observatoire permettraient de répondre clairement à l'objectif fixé. Ils ne sont qu'au nombre de deux pour cette étude, et sont limités aux environs d'Avignon : les parcelles de référence du réseau de la Pugère, portant uniquement sur des vergers encadrés par des structures de conseil type CETA et disposant de données sur une quinzaine d'années – dispositif suspendu en 2007 faute de moyens – ; et la Zone d'Etude 13 de l'INRA, pouvant être plus représentative de la diversité des pratiques puisque l'échantillon résulte d'un tirage au sort sur la carte de la région d'étude, mais pour lequel on ne dispose de données que sur 2006 et 2007 (en cours d'acquisition pour 2008).

Notons toutefois que certains experts et les rédacteurs du rapport ont accès à des données très représentatives des échelles nationales et régionales mais qui sont confidentielles. Ces données n'ont donc pas pu être mobilisées dans le cadre de cette étude. Toutefois, elles indiquent que les ordres de grandeur que nous avons établis pour l'IFT, notamment pour le bassin de production Sud-Est, sont assez représentatifs des résultats décrits par ces sources d'informations. Même si les données mobilisées apparaissent insuffisantes, les ordres de grandeur dégagés apparaissent donc cohérents aux experts du groupe et par rapport à d'autres sources d'information.

4. 1. 2. Calcul des indicateurs

Des difficultés ont été rencontrées pour renseigner les indicateurs. Le rendement est une indication primordiale mais peu fiable sur un échantillon de cette taille, et qui plus est sur des parcelles expérimentales dont la vocation n'est pas la production (sauf pour le dispositif BioREco de Gotheron).

La lecture des calendriers est parfois délicate, puisqu'il arrive que la catégorisation des traitements par cible soit imprécise. Il arrive que des traitements anti-carpocapse soient déclarés en traitements contre les tordeuses de la pelure, les mineuses des feuilles ou les lépidoptères xylophages (sésie, zeuzère). Cette ventilation peut affecter l'estimation faite de l'économie de traitements insecticides anti-carpocapse associée à l'adoption de la confusion sexuelle, mais ne perturbe pas le bilan fait sur la stratégie globale.

Pour les fruits et les légumes, l'IFT est en cours de validation. Il s'agit d'un indicateur de pression d'utilisation des produits phytosanitaires qui ne renseigne pas sur le risque environnemental. Il ne prend pas en compte la toxicité intrinsèque des produits appliqués ou n'est pas toujours en lien avec le nombre de passages de tracteur dans le verger. Par exemple, l'IFT total est augmenté par l'utilisation, répétée ou non, de produits spécifiques et peu agressifs, ayant peu d'impact sur l'environnement (cas du virus de la granulose). L'augmentation est moindre si l'on utilise des produits plus polyvalents, donc appliqués moins souvent, mais

aussi plus toxiques pour la faune, la flore ou l'applicateur. De plus, il n'est pas très fiable en ce qui concerne les comparaisons dans le temps ou l'extrapolation à une échelle supérieure à la parcelle (Guy, 2007). Les indicateurs agri-environnementaux constituent une appréciation complémentaire.

De par sa construction, l'EIQ pénalise fortement les programmes de traitement recourant largement à des produits appliqués fréquemment et à volume élevé (comme le soufre). Il fournit une valeur synthétique, mais qui, si elle devait servir de base de classement pour les itinéraires techniques, pourrait être abaissée par une simple substitution d'intrant pour un produit à volume moins élevé, sans que l'intérêt de cette substitution en termes d'impact environnemental ne soit garanti. De ce fait, l'analyse des résultats d'EIQ est complétée par celle des résultats d'I-PHY arbo, indicateur dont les résultats pour les différents compartiments environnementaux convergent avec les observations biologiques sur vers de terre (Denoyelle *et al*, 2007), arthropodes (Simon *et al*, 2008, Monteiro *et al,* 2008, Sauphanor et al, 2008b) et oiseaux (Bouvier *et al,* 2008). Des différences de classement étant observées en raison des différences de construction des indicateurs, leur calcul ne doit être considéré que comme un outil parmi d'autres.

Enfin, les indicateurs économiques demandés (marge brute par exemple) sont difficiles à renseigner pour les fruits, en raison du manque d'information pour chaque parcelle, et aussi de la complexité de la filière (définition du prix en fonction du calibre, de la qualité, de la saison, de la variété, de l'année, etc).

4. 2. Perspectives de réduction de l'usage des phytosanitaires en arboriculture

En gardant à l'esprit les réserves émises plus haut sur la représentativité des données acquises dans ce cadre, l'IFT moyen pour les 3 niveaux étudiés est de 36.5 pour le verger national de pommier.

Une enquête réalisée en 2007 par entretiens directs sur un échantillon représentatif de 1 000 producteurs de pommes répartis dans les 3 principaux bassins de production, aboutit à un nombre de traitements moyen de 35.4 pour le verger national, incluant 1.1 herbicides mais ne prenant pas en compte les produits d'éclaircissage. Ce chiffre se décline en respectivement 29.4, 36.5 et 46.6 traitements pour les régions Sud-Est, Sud-Ouest et Ouest. La dose de traitement n'est pas prise en compte dans cette enquête, mais nous avons vu qu'à l'exception des herbicides et de quelques traitements au soufre, les traitements sont majoritairement appliqués à dose pleine et que l'IFT diffère peu du nombre de traitements appliqués. Par ailleurs, les valeurs indiquées par cette enquête pour les vergers du Sud-Est sont intermédiaires entre celles obtenues sur les niveaux de rupture 1 et 2a des observatoires de la Pugère et de la Zone d'Etude 13.

Compte tenu des faibles surfaces occupées par les niveaux de rupture 2b et 2c, les valeurs obtenues dans cette étape intermédiaire et qui recoupent les données d'enquête peuvent être considérées comme proches de la réalité du verger de pommiers français, et servir d'état initial dans une perspective de réduction de l'utilisation des pesticides.

Si l'ensemble du verger était implanté en niveau 2a (protection contre le carpocapse des pommes par la confusion sexuelle), l'IFT insecticides serait ramené de 10.9 à 8.3 (voir tableau 27), l'IFT fongicides restant inchangé (21.3 contre 21.1) et l'IFT total ramené de 36.5 à 34.2. Soit une réduction d'IFT de 6.3 % par rapport à la situation actuelle. Cette économie serait supérieure si on appliquait strictement le cahier des charges de la confusion sexuelle, à savoir le déclenchement des traitements sur la base de contrôles visuels réguliers en vergers. Dans le Sud-Est, région à très forte pression carpocapse, l'exemple des données fournies par le GRCETA de Saint Rémy de Provence montre qu'avec un suivi très rigoureux de l'observation et des seuils de déclenchement des traitements ainsi qu'une présence importante des techniciens conseillers sur plusieurs années, on peut arriver à un niveau de traitement très faible. Ainsi, là où en moyenne on trouve 6 traitements contre le carpocapse sur l'ensemble des parcelles en confusion, les parcelles suivies en stricte application des directives pour cette méthode de protection n'en reçoivent que 2 à 4. Cette observation a également été faite sur le site BioREco de Gotheron, où en 2008 aucun traitement additionnel à la confusion contre le carpocapse

n'a été effectué pour l'itinéraire technique ECO. Se pose alors la question du coût-bénéfice réel de la surveillance accrue liée à la confusion, adoptée seulement par une partie des arboriculteurs, mais prise en compte ici pour le calcul des coûts comme si elle était généralisée.

La confusion sexuelle n'est applicable que sur des vergers de taille suffisante (3 à 4 ha d'un seul tenant minimum) et de forme régulière pour limiter les effets de bordure. Les meilleurs résultats avec cette méthode sont obtenus sur des vergers homogènes de plusieurs dizaines d'hectares. Une telle conversion de la totalité du verger national, en augmentant la taille des parcelles par remembrement ou suppression des haies, irait à l'encontre d'objectifs de maintien ou de renforcement de la diversité végétale naturelle et cultivée. L'application de cette méthode de lutte spécifique sur une grande échelle de temps et d'espace s'accompagne d'une meilleure préservation des auxiliaires, favorisant la régulation des acariens, pucerons, et en verger de poiriers, psylles. Mais elle s'accompagne également de la résurgence ou de l'apparition de ravageurs maîtrisés par une lutte chimique conventionnelle contre le carpocapse (tordeuse orientale, mineuses, insectes xylophages, pyrales), et amenant donc à multiplier les interventions spécifiques. La confusion sexuelle contre la tordeuse orientale en vergers de pommiers, autorisée en Italie, est attendue par les arboriculteurs français. Le coût cumulé de ces méthodes spécifiques est élevé. De plus, les phéromones sont aussi des intrants chimiques de synthèse, non comptabilisés dans l'IFT, mais qui s'ils l'étaient réduiraient d'autant le différentiel avec le niveau 1. Signalons enfin qu'à l'instar de la résistance aux insecticides chimiques et microbiologiques, une résistance à la confusion sexuelle n'est pas à exclure et a déjà été observée chez quelques espèces (Mochizuki *et al,* 2002).

Comme cela a été montré dans le paragraphe 2.10.1, les filets anti-carpocapse sont une technique qui permettrait de s'affranchir de la plus grande partie des traitements contre le carpocapse et d'autres lépidoptères (zeuzère, tordeuse orientale en pommes, poires et pêche, à confirmer), mais pour laquelle on n'a pas encore suffisamment de recul. L'investissement initial est élevé mais proche de celui des filets paragrêle, dont ils font également office, et qui sont déjà très largement implantés en France : 50% des pommiers couverts en Midi-Pyrénées, 60% en Aquitaine, 75% en Limousin (Agreste 2007), 70 % dans les Alpes en 2004 (Agreste 2004), et en croissance dans cette région. Cette méthode de protection venant d'une initiative de techniciens et n'ayant fait l'objet d'aucune mesure incitative (concept « Alt'carpo), son adoption témoigne de l'intérêt que lui portent les arboriculteurs. Plus encore que pour la confusion sexuelle, on peut faire état d'une atteinte au paysage de telles cultures « sous emballage ». Comme pour la confusion, les filets entraînent localement la suppression des haies dont ils permettent de s'affranchir en raison de leur effet brise-vent. Le coût énergétique et environnemental pour la fabrication et le recyclage des filets reste aussi à évaluer, en comparaison de celui de la fabrication et de l'application des traitements. Il diffère probablement peu entre filets anti-carpocapse et filets para-grêle.

Des économies majeures de fongicides semblent accessibles par le raisonnement de la protection contre la tavelure et l'implantation de variétés résistantes. Rappelons que nous avons travaillé, dans cette expertise, uniquement sur l'impact de l'implantation de variétés à résistance monogénique (gène *Vf*). Si l'ensemble du verger français était implanté en niveau 2c (le plus plausible, confusion sexuelle et variété résistante à la tavelure), l'IFT fongicides passerait de 21.1 à 16.3 et l'IFT total de 36.5 à 29.2. Soit une réduction d'IFT de 20.0 % par rapport au niveau actuel. L'implantation de variétés résistantes sur l'ensemble du verger français nécessiterait selon les acteurs de la filière une vingtaine d'années, mais supposerait tout d'abord la disponibilité de variétés adaptées au marché, ce qui n'est semble t-il pas le cas actuellement. Il est à noter que ces variétés résistantes *Vf,* en réduisant fortement le nombre de fongicides, incitent les arboriculteurs à raisonner différemment les interventions anti-oïdium (Audemard *et al*, 1996). Comme pour la confusion sexuelle, si de fortes réductions de traitement sont accessibles rapidement par cette substitution variétale, se pose la question de la durabilité de cette résistance (déjà contournée en Europe et en France dans certains bassins de production, Parisi *et al*, 2004). La plantation à grande échelle de variétés résistantes ou tolérantes à la tavelure par ce seul gène n'est ni souhaitable ni probable. L'exploitation de cette source de résistance

constitue actuellement une solution transitoire, non durable, qui doit être accompagnée de mesures de raisonnement, de gestion de l'inoculum et de la durabilité des résistances.

A l'inverse, l'accès au marché incite la profession à poursuivre la plantation de variétés très sensibles comme Pink Lady® (également très sensible au feu bactérien et dont la récolte tardive favorise la 3e génération de carpocapse et les mouches des fruits), ou comme Royal Gala et mutants, sensibles aussi au chancre à Nectria (*Nectria galligena*). Le succès de Gala pourrait avoir causé l'augmentation de l'inoculum tavelure dans certains bassins de production, cette variété étant sensible à la totalité des souches de *V.inaequalis* testées pour leur pouvoir pathogène dans le cadre du programme européen DARE (Parisi *et al*, 2004), et contribué à l'érosion de l'efficacité des fongicides contre la tavelure observée depuis une dizaine d'années (Anonyme, 2005). Une réduction notable des fongicides ne sera possible que si cette tendance peut être inversée, et que si le renouvellement du verger, qui demande un temps long, prend en compte dès maintenant la résistance à la tavelure principalement, puis à l'oïdium et aux maladies de conservation. Il faut que cela devienne un critère déterminant de choix, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Nous avons principalement parlé de variétés totalement résistantes à la tavelure dans cette expertise. Il ne faut pas oublier l'apport notable de la résistance partielle en termes de réduction des épidémies sans traitements fongicides (Brun *et al*, 2008). Cette résistance n'a pas été prise en compte dans cette expertise car peu de données sont disponibles en dehors de celles acquises dans des vergers expérimentaux de l'INRA. Pourtant, il faudrait inclure ce type de variétés dans le futur verger, car cette résistance est à priori plus durable que la résistance monogénique. Il est cependant à craindre que nous ne disposions pas non plus de l'assortiment variétal nécessaire à cette inversion de tendance. Peu de variétés récentes peu sensibles à la tavelure et à l'oïdium ont été proposées aux arboriculteurs, la résistance monogénique ayant été privilégiée dans les programmes d'amélioration variétale. Cette diversification variétale ne peut donc être que partielle actuellement. Si dans les vergers commerciaux cette résistance partielle n'est pas prise en compte la plupart du temps (ce type de variété peut être traitée autant qu'une variété sensible), les données acquises au niveau de vergers expérimentaux montrent qu'en associant cette résistance à des mesures prophylactiques et à des traitements raisonnés, une réduction de 50% du nombre de traitements anti-tavelure est possible (Brun *et al*, 2007, Didelot *et al*, 2008). Cependant, cela implique un raisonnement de la protection qui n'est sans doute pas accessible aujourd'hui à tous les arboriculteurs.

Cela montre qu'une condition nécessaire à la réduction des pesticides en arboriculture dans l'avenir sera une technicité encore accrue des producteurs, alors qu'on sait qu'elle est déjà très élevée en arboriculture fruitière. Ils devront être soutenus dans cette démarche et disposer de tous les outils nécessaires. L'utilisation des modèles et la prise en compte du risque à la parcelle ou l'unité culturale (au lieu des risques régionaux) permettrait de réduire significativement le nombre de traitements sous réserve d'investir en : i) technologie ou accès réseaux information dans les régions où il y en a (ex. évaluation risque contamination tavelure, prévision météo localisée…) et / ou ii) en temps d'observation (ex. dégâts carpocapse, acariens, tavelure et oïdium). Par ailleurs, des travaux sur le matériel de pulvérisation sont en cours, avec pour bénéfices attendus une moindre dérive des pesticides (compartiments air – eau – et environs de la parcelle) et une baisse des quantités d'intrants apportés.

Toujours selon le petit échantillon de données recueillies ici et les dires d'experts, la conversion en AB de la totalité du verger de pommiers français entraînerait un passage de l'IFT total de 36.5 à 26.5, soit une réduction de 27.4 %. Soulignons toutefois que sur la base des données qui nous paraissent comparables entre ce niveau de rupture et les autres, à savoir la Zone d'Etude 13 et le dispositif BioREco, le passage à l'AB ne se traduit pas par une réduction de l'IFT, indicateur qui se révèle donc insuffisant pour évaluer l'impact de ce niveau de rupture en termes de consommation de pesticides.

De plus, les pesticides utilisés en AB ne sont pas exempts d'impacts environnementaux (effets du cuivre sur la faune aquatique, du soufre sur les parasitoïdes et les acariens prédateurs, de la roténone sur de nombreux

auxiliaires et sur l'applicateur). L'EIQ ne donne que des informations partielles sur l'impact environnemental de l'AB, sa construction aboutissant à des valeurs très défavorables, allant à l'encontre d'observations réalisées sur diverses communautés biologiques sur différentes cultures (Hole *et al*, 2005), et en verger de pommiers et pêchers en particulier (Simon *et al*, 2007, Penvern *et al*, 2008). Mais les valeurs obtenues n'en constituent pas moins une alerte. Il faut noter qu'il existe une diversité de pratiques phytosanitaires au sein même des vergers biologiques et certaines d'entre-elles intègrent un ensemble de mesures alternatives permettant de réduire le nombre de passages. Une conception de systèmes vergers (biologiques ou non) innovants est possible et permettrait une plus grande autonomie de l'agro-écosystème. Des restrictions d'usage (cuivre déjà, soufre en perspective) voire des retraits (roténone à compter de 2011) interviennent au niveau de la réglementation européenne. A l'inverse, des assouplissements du cahier des charges européen AB sont opérés. La récente autorisation en AB du Spinosad, insecticide neurotoxique à fort impact sur les abeilles, sur la faune aquatique et divers auxiliaires, pourra rendre plus difficilement discernable ce niveau de rupture des autres modes de production (en particulier par l'indicateur I-PHY arbo). Compte tenu de la demande ancienne des arboriculteurs bio pour cet insecticide, il est probable qu'il soit largement utilisé en complément ou en remplacement du virus de la granulose, auquel le carpocapse est devenu localement résistant. Des résistances au Spinosad sont donc également à attendre, d'autant qu'elles se sont déjà développées sur d'autres espèces (résistances métaboliques, fréquentes chez le carpocapse) et que leur cible moléculaire est la même que celle des néonicotinoïdes, aujourd'hui très utilisés en vergers contre le carpocapse et le puceron cendré. L'utilisation de produits figurant au cahier des charges européen de l'AB mais non homologués en France est une question sensible. Ces produits importés font l'objet d'utilisations régulières sur le territoire national mais ne sont pas déclarés dans les calendriers de traitement (cas de l'azadirachtine pour la lutte contre le puceron cendré, ce fut le cas avant 2008 pour le Spinosad autorisé en AB aux USA et en Suisse mais non dans la CE), ce qui limite par conséquent la fiabilité des analyses.

Un verger témoin a été mis en place dans le Limousin au printemps 2008, et conduit conformément aux directives de l'arrêté du 12 septembre 2006 se rapportant à l'application des produits phytosanitaires (Simonin 2008). Entre autres, il s'agit de respecter strictement les délais de réentrée dans le verger après traitement, et de suspendre toute application en cours en cas de vent supérieur à 19 km/h. A la récolte, il est constaté par huissier que la quasi-totalité des fruits n'est pas commercialisable en frais, surtout à cause des dégâts dus à la tavelure (supérieurs à 93%). Le carpocapse a été relativement bien maîtrisé. Cette expérimentation montre la difficulté pratique de mise en œuvre de cette réglementation française, et que la conduite « classique » d'un verger commercial est bien souvent une conduite non réglementaire, surtout pour la lutte contre la tavelure. On peut également en déduire qu'outre l'abaissement de l'IFT permis par le niveau 2, la réglementation serait plus facilement respectée sur un verger implanté en variétés tolérantes ou résistances à la tavelure et en confusion contre le carpocapse que sur un verger conduit en niveau 1.

La question de la qualité visuelle des fruits est souvent évoquée. Des défauts de surface de la pomme sont imputables à des infestations par la tavelure, à des dégâts stoppés d'insectes carpophages, à des tordeuses de la pelure, pucerons ou autres. Il en est de même pour la pêche vis-à-vis des défauts engendrés par les thrips, l'oïdium ou le xanthomonas. Pour les limiter au maximum, des traitements supplémentaires peuvent être appliqués (cas du thrips sur les nectarines par exemple, qui ne pose problème qu'au niveau visuel). Ici encore se pose la question de l'accès au marché. L'achat des fruits et des légumes sur le critère visuel est une réalité actuelle même s'il se fait par et au nom du consommateur. L'irréversibilité d'un tel système auto-référant serait à évaluer au même titre que l'aspect technique de production (exemple de la montée en puissance du système des AMAP[12] où les critères du contact direct avec le producteur, de la diversité, du goût, de l'exemption de résidus de pesticides se substituent à l'unique critère visuel, Lamine, 2008). Une tendance à la révision des critères de mise en marché s'observe dans certains pays comme la Nouvelle-Zélande, les USA ou l'Angleterre, où des enquêtes résidus défavorables à certaines grandes enseignes les ont incités à lancer des campagnes zéro-résidus. Cela demande dans un premier temps une modification de

[12] AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne

leurs cahiers des charges, ainsi que de leurs conditions d'approvisionnement. Le cahier des charges de Carrefour pour la pomme par exemple fait référence au taux de surface en confusion contre le carpocapse, ou recourant aux biopesticides, au taux de présence des phytoséides en vergers, et aux actions directement ciblées sur l'environnement (haies, préservation des eaux de surface et de la faune sauvage).

A ce niveau intervient également la perte de qualité sanitaire du fruit associée à certains types d'altérations, et pouvant présenter un risque pour le consommateur[13]. Les expertises AFSSA[14] 2003 et Fruits et Légumes de l'INRA en 2007 montrent cependant qu'il n'y a pas plus de mycotoxines sur les produits issus de l'AB. Si de nouvelles normes étaient adoptées quant à la qualité visuelle des fruits et des légumes, elles devraient l'être au niveau international ou au moins européen pour ne pas défavoriser la production nationale. Il n'est néanmoins pas certain que les normes commerciales exigées par les clients soient modifiées dans ce sens. Toutefois, il est nécessaire de s'interroger aussi sur les implications techniques que pourrait avoir l'introduction de nouvelles normes de qualité visuelle des fruits et légumes. La tolérance de quelques dégâts sur fruits entraîne le maintien d'un niveau d'inoculum qui ne favorise pas nécessairement la régulation de la maladie ou du ravageur à long terme. C'est le cas pour la confusion sexuelle, efficace uniquement sur de très faibles populations initiales, ou de la lutte contre la tavelure. Des études seraient donc à conduire pour évaluer la réelle économie de traitements que la tolérance de tels dégâts rendrait possible, et pour établir les scénarii techniques et la prise de risques associés.

Une enquête réalisée sur les mêmes bases que celle évoquée pour les pommiers au début de ce paragraphe laisse apparaître des nombres de traitements variables d'une espèce fruitière à l'autre. En regard des 35,4 traitements annuels en pommiers, les poiriers et les pêchers reçoivent selon l'année 20 à 25 traitements (ce qui semble sous-estimé pour les pêchers d'après les estimations données par les experts), les cerisiers, abricotiers et pruniers moins de 10 à 12-13 traitements. Les noyers (indication CTIFL, source non précisée), 2ème espèce fruitière en surface dans le verger français reçoivent entre 5 et 13 traitements. Les vergers de kiwis, dont les surfaces augmentent au dépend du verger de pêchers, sont pour l'instant très peu traités (de 2 à 5 traitements, incluant les herbicides). On peut néanmoins s'attendre à ce qu'après extension des surfaces, un cortège de bio-agresseurs s'adapte à cette culture et soit à l'origine de pertes imposant un accroissement des nombres de traitements.

Les pommiers étant les plus traités, une substitution partielle des espèces fruitières amènerait des baisses d'IFT au même titre que la substitution des variétés sensibles aux maladies par des variétés résistantes. Cette réduction des surfaces des vergers, plus particulièrement de pommiers et de poiriers, est déjà fortement amorcée en France, sous le poids de distorsions règlementaires, sociales et économiques, voire de pressions parasitaires. Outre des arrachages ponctuels associés à des impasses techniques sur certains vergers (cas de la protection contre des populations résistantes du carpocapse des pommes dans le sud-est en particulier), des incitations ou obligations d'arrachage accompagnées de mesures d'indemnisation se pratiquent en arboriculture fruitière. C'est le cas pour le feu bactérien en vergers de pommiers et poiriers, ou pour le virus de la Sharka qui a entraîné l'arrachage de milliers d'hectares de pêchers et abricotiers en France depuis le début des années 90. Au-delà de l'aspect phytosanitaire, des plantations massives de vergers de pommiers ont fait suite à la perte des oliviers en Provence consécutive au gel de 1956, et des substitutions partielles d'espèces fruitières (abricotiers et kiwi en remplacement de pêchers) s'observent actuellement. Le critère de réduction

[13] Selon le baromètre du CTIFL (lieu d'achat et modes de vente – baromètre 2007 – Le comportement du consommateur dans ses achats de fruits et légumes – P. Cavard-Vibert, CTIFL), la fréquentation d'autres lieux d'achats que les Grandes et Moyennes Surfaces, magasins spécialisés et marchés représente seulement 0.9% (dont les paniers paysans) des lieux d'achat fréquentés en 2007. Ces circuits sont connus par environ 20% des consommateurs mais les achats réguliers et occasionnels sont rares (moins de 7%), l'intérêt spontané des consommateurs qui n'achètent pas dans ces circuits est très limité (10% accordent beaucoup d'intérêt, 20% un intérêt moyen, 70% peu à pas du tout d'intérêt). Au-delà de la question sanitaire, il faut également rappeler les normes de commercialisation européennes. Par ailleurs, la vie du fruit ne s'arrête pas à la récolte mais sa conservation et sa tenue dans le circuit de commercialisation ne sont assurés que si les produits sont sains à la récolte.

[14] AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

des intrants phytosanitaires pourrait être également considéré pour orienter cette évolution des implantations de vergers. Une telle orientation nécessiterait toutefois de prendre en compte les implications socio-économiques pour les arboriculteurs et l'approvisionnement en fruits du marché national, bien au-delà de la seule question agronomique envisagée à ce niveau.

CONCLUSION

Il semble après première analyse que les ruptures évaluées ici, bien que parfois difficilement accessibles à une majorité d'arboriculteurs, soient loin d'être assez brutales pour permettre d'atteindre une réduction de 50% de la consommation de pesticides. De telles réductions sont bien observées pour le niveau 2c sur le dispositif BioREco, et localement chez quelques arboriculteurs de la Zone d'Etude 13 (incluant une parcelle en biodynamie), ainsi que par l'utilisation conjointe des filets et de variétés résistantes à la tavelure. Ces vergers répondent à des assemblages particuliers de pratiques contre différents bioagresseurs et à des situations environnementales qu'il est pour l'instant difficile de traduire en scénarii techniques associés à un jeu de règles de décision applicables en toutes situations. Ces quelques exemples montrent que l'économie en intrants chimiques souhaitée n'est possible que par une profonde re-conception du verger, pour laquelle on ne dispose que de très peu de références techniques et économiques, et par une modification radicale des conditions d'accès au marché.

ANNEXES

1) LISTE DES ABREVIATIONS

AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne
AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
Bt : *Bacillus thuringiensis*
CA : Chambre d'Agriculture
CETA : Centre d'Etudes Techniques Agricoles
CTIFL : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes
EIQ : Environmental Impact Quotient
GRAB : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
GRCETA : Groupement Régional des Centres d'Etudes Techniques Agricoles
IFOAM: International Federation of Organic Agriculture Movements
IFPC : Institut Français des Productions Cidricoles
IFT : Indice de fréquence de traitement
I-PHY arbo : Indicateur Phytosanitaire arboriculture
OILB : Organisation Internationale de Lutte Biologique et intégrée
PFI : Production Fruitière Intégrée
PIRRP : Plan Interministériel de réduction des risques liés aux pesticides
RT : Résistante Tavelure
SAU : Surface Agricole Utile
SERFEL : Station d'expérimentation Fruits à Noyaux de la façade Méditerranéenne
SNP : Section Nationale Pomme
SRPV : Service Régional de la Protection des Végétaux

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme 2005 : Note Nationale Tavelure 2005, Phytoma 579 :21-24

Audemard H., Bréniaux D., Baudry O., Gendrier JP., Antoine C. and Luttringer M., 1996. Objectifs et bases du programme expérimental. Numéro spécial Arboriculture Fruitière « Protection Intégrée du verger de pommiers de l'an 2000 », I.-1 à I-9.

Bouvier J.-C., Toubon J.-F., Boivin T., Sauphanor B., 2008. Effects of apple orchard management strategies on the great tit (*parus major*) in southeastern France. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 24, No. 11, pp. 2846–2852, 2005

Brun L., Didelot F., Parisi L., 2007. Stratégies de protection innovantes contre la tavelure du pommier. Conception, évaluation et intégration en vergers. Les Carrefours de l'Innovation. Colloque Protection Intégrée en Arboriculture et Viticulture, Paris, 22 novembre 2007). *Innovations Agronomiques* 1, 33-45

Brun L., Didelot F. and Parisi L., 2008.Effects of apple cultivar susceptibility to *Venturia inaequalis* on scab epidemics in apple orchards. Crop Protection, Volume 27 (6), June 2008, Pages 1009-1019

Cantian A., 2008. Analyse des pratiques de protection contre la tavelure en vergers de pommiers. Mémoire de diplôme d'ingénieur, ENSAIA Nancy.

Chambonnière S., Larrieu J.F. and Sagnes JL., 2005. Coûts de plantation, coûts de production en arboriculture fruitière. Chambre d'Agriculture du Tarn et Garonne, septembre 2005.

Codron J.M., Habib R., Jacquet F. and Sauphanor B., 2002. Bilans et perspectives environnementales de la filière arboriculture fruitière. Expertise collective ATEPE (Agriculture, territoire et environnement dans les politiques européennes), 25-64.

Coupard H. and Reynier C., 2005. Réseau régional de recherche de références en production fruitière intégrée. Résultats 2005.

Coupard H. and Reynier C., 2006. Réseau régional de recherche de références en production fruitière intégrée. Résultats 2006.

Chambres d'Agriculture des Bouches du Rhône et du Vaucluse 2008. Coût des approvisionnements en arboriculture 2008

Denoyelle R., Rault M., Mazzia C., Mascle O. and Capowiez Y., 2007. Cholinesterase activity as a biomarker of pesticide exposure in Allolobophora chlorotica earthworms living in apple orchards under different management strategies. Environmental Toxicology and Chemistry, 26 (12): 2644-2649.

Dib H., Capowiez Y., Simon S. and Sauphanor B., 2008. Natural regulation of the rosy apple aphid (Dysaphis plentaginea) in organic apple orchards. Book of Abstract poster 97, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.

Didelot F., Parisi L., Baudin M., Caffier V., Orain G. and Lemarquand A., 2008. Integrating scab control methods with partial effects in apple orchards: the association of cultivar resistance, sanitation and reduced

fungicide schedules. Book of Abstract poster 164, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.

Dushoff J., Caldwell B. and Mohler C.L., 1994. Evaluating the environment effect of pesticides: A critique of the Environmental Impact Quotient. American Entomologist, 180-184.

Guy Y., 2007. Réflexions sur les critères de choix d'indicateurs de pression phytosanitaire. Courrier de l'environnement de l'INRA n°54, septembre 2007.

Hole DG., Perkins AJ, Wilson JD, Alexander IH, Grice PV. and Evans AD., 2005. Does organic farming benefit biodiversity ? Biological Conservation, 2005, 122 (1): 113-130.

Kovach J., Petzold C., Degni J. and Tette J., 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. New York's Food and Life Science Bulletin 139, 1-8.

Lamine C., 2008. Les AMAP : un nouveau pacte entre producteurs et consommateurs. Editions Michel Y. Eds.

Mochizuki F., Fukumoto T., Noguchi H. et al, 2002. Resistance to a mating disruptant composed of (Z)-11-tetradecenyl acetate in the smaller tea tortrix Adoxophyes honmai (Yasuda) (Lepidoptera : Tortricidae). Appl Entomol Zoo 37:299-304.

Monteiro L., Dor C, Franck P., Lavigne C. and Sauphanor B., 2008. Pest management practices and environmental factors affect natural regulation of the codling moth. Book of Abstract poster 99, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.

Parisi, L., Fouillet, V., Schouten, H.J., Groenwold, R., Laurens, F., Didelot, F., Evans, K., Fischer, C., Gennari, F., Kemp, H., Lateur, M., Patocchi, A., Thissen, J. and Tsipouridis, C. 2004. VARIABILITY OF THE PATHOGENICITY OF *VENTURIA INAEQUALIS* IN EUROPE. Acta Hort. (ISHS) 663:107-114

Penvern S., Fauriel J., Bellon S., 2008. Peach aphid management in organic and conventionnal orchards: How to reconnect efficiency and ecology? *in* Organic Fruit Conference (ISHS), 15-17 june 2008, Vignola, Italy.

Picard C., 2007. Pratiques de protection contre le carpocapse des pommes : stratégies, temporalité et impacts environnementaux. Stage Ingénieur Agronome, spécialité Protection des Plantes et Environnement, SupAgro Montpellier.

Plénet D., Picard C., Toubon JF., Martin O., Senoussi R. and Sauphanor B., 2008. Strategies and timing of protection practices against *Cydia pomonella* [L.] in apple orchards. Book of Abstract poster 185, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.

Roblin C., Sautereau N., 2007. Connaître d'agriculture biologique et maîtriser les coûts de production. Chambre d'Agriculture du Vaucluse.

Sauphanor B., Severac G., Romet L., Esberard E., Toubon JF. and Maugin S., 2008a. Codling moth proof hail nets. Book of Abstract poster 158, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, Franc, 28-30 octobre 2008.

Sauphanor B., Picard C., Plenet D. and Simon S., 2008b. Indicators to assess the environmental impact of protection practices in apple orchards. Book of Abstract poster 103, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.

Séverac G. and Romet L., 2008. Réunion technique sur la méthode de protection Alt'Carpo, 1er octobre 2008, Noves, France.

Simon S., Defrance H. and Sauphanor B., 2007. Effect of codling moth management on orchard arthropods. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 122, Issue 3, November 2007, Pages 340-348

Simon S., Sauphanor B., Buléon S., Guinaudeau J. and Brun L., 2008. Building up management and evaluation of orchards systems: a four-year experience in apple production. Book of Abstract poster 159, VII International Conference on Integrated Fruit Production, Avignon, France, 28-30 octobre 2008.

Simonin S 2008. Verger témoin de pommes: la quasi-totalité de la récolte est perdue. L'Arboriculture Fruitière 630 :28

Suckling D.M., Walker J.T.S. and Wearing C.H., 1999. Ecological impact of three pest management systems in New Zealand apple orchards. Agriculture, Ecosystems and Environment 73, 129-140.

Van der Werf H. M. G. and Zimmer C., 1998. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. Chemosphere 36, 2225-2249.

VERS DES SYSTEMES DE CULTURE ECONOMES EN PRODUITS PHYTOSANITAIRES

TOME IV

RESUME

L'arboriculture fruitière représente 1% de la SAU française, soit 139 794 ha. Les vergers de pommes de table occupent 31.8% de cette surface (44 547ha) et ceux de pêchers 11.3% (16 587 ha). Le niveau 1, qualifiant l'agriculture raisonnée appliquée dans la majorité des vergers français, se traduit par des IFT totaux variant de 35 à 43 selon les bassins de production pour la pomme de table, et de 18 à 28 pour la pêche. Les principales pressions pour le pommier sont le carpocapse (*Cydia pomonella*), plus particulièrement dans le Sud-Est et la tavelure (*Venturia inaequalis*) plus particulièrement dans l'Ouest. Pour la pêche, il s'agit des pucerons (*Myzus persicae* et autres), de la tordeuse orientale (*Cydia molesta*) et de l'oïdium (*Sphaerotheca pannosa*). L'utilisation de la confusion sexuelle contre le carpocapse des pommes (qualifiant ici le niveau 2a) peut faire économiser 5 traitements en situation de pression moyenne. Elle est d'ores et déjà appliquée sur 50% du verger national de pommiers-poiriers. L'utilisation de variétés résistantes à la tavelure peut diminuer l'IFT de 4 à 9 points dans le niveau 2b. L'association de ces 2 techniques alternatives dans le niveau 2c permet d'obtenir des IFT totaux de 25 à 34 selon les bassins de production de pomme. En agriculture biologique (niveau 3), les IFT totaux s'élèvent à environ 26. Grâce à l'association de ces techniques alternatives à de la prophylaxie, à l'utilisation de variétés précoces et peu sensibles, à la pose de filets sur les vergers, ces IFT totaux pourraient sensiblement diminuer, sans toutefois atteindre une baisse de 50% par rapport au niveau 1. De plus, il faut tenir compte du fait que la résistance à la tavelure est déjà contournée dans certains bassins, et que la confusion sexuelle n'est pas efficace sur toutes les configurations de vergers. Une diminution de l'IFT global lié à l'arboriculture pourrait passer par l'adoption de nouvelles normes qualitatives des fruits, ou par une profonde re-conception du verger français.

Mots clés : scénario, indicateur, production agricole, niveau de rupture, réseau, système de culture, pesticide, réduction d'intrant, pomme, pêche

ABSTRACT

Fruit growing occupies 139 794 ha in France, ie 1% of the French agricultural area. Apple orchards are the most important with 31.8% of the whole fruit growing area (44 547 ha), and peach orchards the second one with 11.3% (16 587 ha). Level 1 describes reasoned chemical protection, which is used on the largest part of the French fruit growing area. For this level, the total TFI (Treatment Frequency Index) varies from 35 to 43 in apple orchards depending on production region, and from 18 to 28 in peach orchards. The key apple pests and diseases are codling moth (*Cydia pomonella*) mainly in South-East of France and scab (*Venturia inaequalis*) mostly in Western France. The main pests in peach orchards are aphids (*Myzus persicae* and other species), oriental moth (Cydia molesta) and powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa*). Mating disruption against codling moth is implemented on 50% of the French apple and pear orchards, and allows to save 5 treatments in an average-pressure year. Using scab-resistant varieties can help reducing TFI between 4 and 9 points in level 2b. Association of these 2 control methods in level 2c provides a total TFI from 25 to 34 depending on the apple production region. The total TFI for organic apple orchards is close to 26. Thanks to the combination of direct alternative control methods and prophylaxy, the use of early and less susceptible varieties and codling moth proof hail-nets, the total TFI could noticeably decrease, however without reaching a decrease of 50%. Moreover, apple scab resistance has already been overcome in some regions, and mating disruption is only efficient on large size orchards. A global fruit culture TFI decrease could only be obtained through new quality standards for fruits, or an intense re-design of the French orchard.

Keywords: scenario, indicator, fruit production, network, crop management, low input, pesticide, apple orchard, pear orchard

Etude pilotée par l'INRA. Janvier 2009.