



HAL
open science

Évaluation multicritère de systèmes de culture en verger de pommiers dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme

Agnès Salaün

► **To cite this version:**

Agnès Salaün. Évaluation multicritère de systèmes de culture en verger de pommiers dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme. Sciences du Vivant [q-bio]. 2015. dumas-01264590

HAL Id: dumas-01264590

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01264590>

Submitted on 29 Jan 2016

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.

AGROCAMPUS
OUEST

CFR Angers

CFR Rennes



Année universitaire: 2014-2015

Spécialité: Ingénieur Agronome

Spécialisation : Sciences et Productions
Végétales

Option: Ingénierie des Agrosystèmes

Mémoire de Fin d'Études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Evaluation multicritère de systèmes de culture en verger de pommiers dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme

Par : Agnès SALAÜN



Soutenu à Rennes le 17 Septembre 2015

Devant le jury composé de :

Président : Matthieu CAROF

Maître de stage : Franziska ZAVAGLI

Enseignant référent : Philippe LETERME

Autres membres du jury

Pascale GUILLERMIN, Rapporteur

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité :

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible⁽¹⁾.

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).

Date et signature du maître de stage⁽²⁾ :

Droits d'auteur :

L'auteur⁽³⁾ autorise la diffusion de son travail

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma maîtresse de stage, Franziska ZAVAGLI, pour sa disponibilité, ses conseils et son écoute. Je la remercie pour son implication dans le bon déroulement de mon stage et pour nos échanges très constructifs et réguliers qui m'ont permis de m'épanouir pleinement au cours de cette expérience. Merci également pour la confiance et l'autonomie qu'elle m'a accordée pour mener à bien mon travail.

Je remercie Jean-Marc JOURDAIN de m'avoir permis de réaliser mon stage de fin d'études sur le site du Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (Ctifl) de Lanxade.

Un grand merci à l'équipe « Phyto-Fruits », notamment à Joël FAVAREILLE et Florence VERPONT, pour le partage de leurs connaissances et de leurs expériences ainsi que pour leur accueil chaleureux.

Mes remerciements vont également à l'ensemble du personnel du Ctifl de Lanxade ayant contribué, de près ou de loin, au bon déroulement de mon stage.

Je tiens à remercier les membres du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour leur collaboration lors de la collecte de données et le partage de leurs expériences lors de nos échanges.

Je remercie tout particulièrement Aude ALAPHILIPPE et Alice VELU qui m'ont permis de participer au projet de validation de l'outil DEXiFruits. Je tiens à remercier Alice VELU et Amélie VALADAS pour nos échanges très constructifs sur l'utilisation de cet outil et l'aide qu'elles ont su m'apporter dans mes moments de doute.

Je souhaite remercier Sylvaine SIMON pour ses conseils et son écoute qui m'ont été d'une très grande utilité.

Merci à l'ensemble des personnes que j'ai pu contacter pendant ce stage pour l'aide et les informations qu'elles m'ont fournies.

Je remercie mon tuteur de stage, Philippe LETERME, pour les réponses qu'il a pu m'apporter au cours de ce stage.

Et merci aux stagiaires : Amadou, Angeline, Chloé, Elisa, Ismaïl, Jérémy, Juliette, Lamine, Laure, Lauriane, Mathilde, Suzanne et aux apprentis, Juliette et Pierre, pour leur bonne humeur et leur aide au cours de ces 6 mois au Ctifl, Centre de Lanxade.

Glossaire

Bulletin de Santé du Végétal (BSV): Le Bulletin de Santé du Végétal est un outil du plan Ecophyto relayant les données du réseau d'épidémiosurveillance français. Les BSV fournissent les données nécessaires pour utiliser à bon escient les moyens de lutte et, en conséquence, limiter l'application des produits phytosanitaires aux parcelles réellement menacées par des bio-agresseurs. Les traitements préventifs systématiques peuvent ainsi être évités (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF) : <http://agriculture.gouv.fr>).

Certiphyto : C'est un CERTificat individuel de produits PHYTOpharmaceutiques obligatoire pour tout utilisateur ou distributeur de produits phytopharmaceutiques à des fins professionnelles. Le certificat doit également être présenté pour l'achat de pesticides à usage professionnel (MAAF : <http://agriculture.gouv.fr>).

Conduite en axe : Système de conduite du pommier à partir d'un axe principal (tronc) autour duquel sont réparties 10 à 14 branches fruitières. La taille se fait manuellement.

Conduite en mur fruitier : Système de conduite de l'arbre sans branches fruitières (en opposition à la conduite en axe) mais avec des coursonnes (branches secondaires) directement implantées dans le tronc. L'épaisseur de la haie fruitière de 80 cm est maintenue par une taille mécanique.

Indice de Fréquence de Traitement (IFT): L'IFT comptabilise le nombre de doses homologuées de pesticides utilisées sur un hectare au cours d'une campagne de production. Cet indicateur peut être calculé pour une parcelle, pour un ensemble de parcelles, une exploitation ou un territoire. Il peut également être décliné par grandes catégories de produits (ex : herbicides, insecticides, produits de BioContrôle inscrits sur la liste NODU « Vert » Biocontrôle). L'IFT se calcule comme suit (MAAF : <http://agriculture.gouv.fr>) :

$$IFT_{\text{Produit } n} = \frac{\text{dose appliquée}}{\text{dose homologuée}} \times \frac{\text{Surface traitée}}{\text{Surface totale parcelle}} \quad \text{puis} \quad IFT_{\text{total}} = \sum_{\text{produit } n} IFT$$

Liste NODU « Vert » : C'est une liste de produits phytosanitaires peu toxiques pour l'Homme et/ou impactant peu l'environnement. Les produits entrent dans le calcul du NODU « Vert ». Le NODU est le Nombre de Doses Unités qui correspond à un nombre moyen de traitements appliqués annuellement sur l'ensemble des cultures, à l'échelle nationale. Il est dit « Vert » car il est calculé seulement à partir de la liste de produits citée précédemment (MAAF : <http://agriculture.gouv.fr>).

Pommes à couteau : Elles sont appelées aussi pommes de table, ce sont les pommes destinées à être consommées fraîches ou transformées (compotes, jus de pommes) par opposition aux pommes à cidre, utilisées pour la fabrication de cidre.

Produits de BioContrôle (BC) : Ce sont des produits qui utilisent des mécanismes naturels pour la protection des plantes. Les produits visent la protection des plantes par le recours aux mécanismes et interactions qui régissent les relations entre espèces dans le milieu naturel. Ainsi, le principe du BC est fondé sur la gestion des équilibres des populations de bio-agresseurs plutôt que sur leur éradication (MAAF : <http://agriculture.gouv.fr>). Les produits de BC se classent en 4 familles:

- les macro-organismes auxiliaires,
- les micro-organismes,
- les médiateurs chimiques (phéromones et kairomones),
- les substances naturelles.

Produit phytosanitaire/pesticide : Un produit phytosanitaire, ou pesticide, est une préparation contenant une, ou plusieurs, substances actives ayant pour action (Règlement européen CE 1107/2009) :

- soit de protéger les végétaux ou produits végétaux contre tout organisme nuisible,
- soit d'exercer une action sur les processus vitaux des végétaux,
- soit d'assurer la conservation des végétaux,
- soit de détruire les végétaux ou parties de végétaux indésirables.

Il existe différents types de produits phytosanitaires : herbicides, insecticides, acaricides, fongicides ...

Production Fruitière Intégrée (PFI) : L'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB), définit la PFI, comme « des systèmes de production économiques de fruits et légumes de haute qualité donnant la priorité aux méthodes plus sûres au niveau environnemental, minimisant les effets secondaires et l'utilisation de produits agrochimiques, afin d'améliorer la protection de l'environnement et la santé humaine » (Ecophyto PIC Arboriculture, le portail de la protection intégrée des cultures : <http://arboriculture.ecophytopic.fr/arbo/itinéraires-et-systèmes/production-fruitière-intégrée>).

Système d'information (SI) : C'est un ensemble organisé de ressources (matériels, logiciels, personnels, données, procédures) qui permet de collecter, grouper, classer, analyser et diffuser de l'information sur une thématique donnée.

Substance active : C'est la molécule qui constitue le principe actif du produit phytosanitaire et qui agit sur les organismes nuisibles.

Liste des abréviations

AB :	Agriculture Biologique
ANPP :	Association Nationale Pommes et Poires
APCA :	Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture
BC :	BioContrôle
BDD :	Base De Données
CA :	Chiffre d'affaires
CAN :	Cellule d'Animation Nationale
CEFEL :	Centre d'Expérimentation Fruits Et Légumes
CEHM :	Station Expérimentale Fruits & Légumes Languedoc Roussillon
Ctifl :	Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes
Coût i. protection :	Coût des intrants pour la protection du verger
DEPHY :	Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes de cultures économes en PHYtosanitaires
ES :	EfficiencE-Substitution (groupe)
ESR :	EfficiencE-Substitution-Reconception
IFT :	Indice de Fréquence de Traitement
IFT _{total} hors NODU Vert :	Indice de Fréquence de Traitement total hors produits de BioContrôle de la liste NODU Vert
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
Interfel :	INTERprofession des Fruits Et Légumes frais
ITK :	Itinéraire cultural
MAAF :	Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
OCDE :	Organisation de Coopération et de Développement Economique
OP :	Organisation de Producteurs
PFI :	Production Fruitière Intégrée
PNSE :	Plan National Santé Environnement
PSPE :	Pour et Sur le Plan Ecophyto
RDD :	Règle De Décision
R1 :	Reconception de niveau 1 (groupe)
R2 :	Reconception de niveau 2 (groupe)
RT :	Résistante (variété)
SCEP :	Système de Culture Econome en produits phytosanitaires et Performant économiquement
SdC :	Système de Culture
SI :	Système d'Information
UNICID :	Union Nationale Interprofessionnelle CIDricole

Liste des figures

Figure 1 : Répartition de la production française de pommes à couteau en 2013 (FranceAgrimer, 2014).	2
Figure 2 : Exemple de conduite d'un SdC en verger de pommiers de variété Ariane	3
Figure 3 : Situation géographique des 6 sites expérimentaux du réseau national Expé Ecophyto Pomme.	4
Figure 4 : Exemple de la représentation graphique des Systèmes de Cultures Performants et Economes (SCEP) du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour la campagne 2013. .	7
Figure 5 : Répartition des SdC par type (BASE, ECOPHYTO ou AB) sur l'ensemble du réseau national Expé Ecophyto Pomme.	8
Figure 6 : Schéma de la structure de l'arbre de décision des outils type DEXiPM (A. Vélou <i>et al.</i> , 2015)	11
Figure 7 : Exemple des classes du critère d'entrée " IFT _{total} hors NODU Vert" de l'outil DEXiFruits	11
Figure 8 : Extrait du tableau de contingence de la durabilité totale de DEXiFruits (A. Vélou <i>et al.</i> , 2015)	11
Figure 9 : Niveaux d'agrégation des critères et notes correspondantes de DEXiFruits.	12
Figure 10 : Seuils retenus pour l'indicateur "Etat sanitaire du verger" pour les principaux bio-agresseurs en verger de pommiers.	13
Figure 11 : Classement des leviers techniques mobilisés sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme selon le cadre de lecture de Hill et MacRae: Efficience-Susbtitution-Reconception (Hill S. B., MacRae R. J., 1996).	14
Figure 12 : Schéma de la méthode d'attribution du code à lettres pour la proposition de typologie Efficience-Substitution-Reconception à partir du type de leviers mobilisés sur les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.	15
Figure 13 : Référentiel proposé pour la construction d'un tableau de bord des résultats d'indicateurs pour le réseau national Expé Ecophyto Pomme.....	16
Figure 14 : Résultats par groupe de la typologie ESR (ES, R1 et R2) pour les indicateurs IFT _{total} hors NODU Vert, I-Phy _{arbo} , coût i. protection (€/ha), charges de mécanisation (€/ha), temps de travaux (h/ha) et rendement (t/ha) (moyenne des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme sur 2013 et 2014)	17
Figure 15 : Tableaux de bord des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme (moyenne des résultats de 2013 et 2014)	18
Figure 16 : Notes de durabilité globale de DEXiFruits obtenues pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.....	19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques pédologiques et environnementales de chaque site expérimental où sont testés les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme..... 8

Tableau 2 : Leviers techniques mis en place sur les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme..... 9

Tableau 3 : Nomenclature des critères d'entrée de DEXiFruits et origine des données rentrées dans l'outil pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.12

Tableau 4 : Valeurs de l'indicateur "Etat sanitaire du verger" pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour 2013 et 2014.13

Tableau 5 : Proposition de groupes de SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme issue de l'application de la typologie des pratiques agricoles de Hill et Mac Rae (Hill S. B., MacRae R. J., 1996)..... 15

Liste des annexes

Annexe 1 : Principales maladies et principaux ravageurs en verger de pommiers..... I

Annexe 2 : Fiche projet « Réseau national Expé Ecophyto Pomme : Evaluation multi site de systèmes innovants de production de pommes, visant la réduction d'emploi des produits phytosanitaires », lancé dans le cadre du plan Ecophyto..... II

Annexe 3 : Caractéristiques du dispositif expérimental de chaque SdC testé sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme.....IV

Annexe 4 : Règles de décision appliquées sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme pour la campagne 2014..... VII

Annexe 5 : Récapitulatif de l'ensemble des indicateurs calculés pour les SdC sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme pour les campagnes 2013 et 2014..... XII

Annexe 6 : Exemple d'un graphique de Type Visu pour le SdC Ctifl ECOPHYTO 2 pour les branches économique et sociale de la durabilité globale..... XIV

Annexe 7 : Résultats des notations des niveaux d'attaques de tavelure, carpocapses et tordeuses, pucerons cendrés et lanigères pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour 2013 et 2014..... XV

Annexe 8 : Récapitulatif des codes attribués dans le cadre de la proposition de typologie Efficience-Substitution-Reconception (Hill S. B., MacRae R. J., 1996) pour chaque SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme..... XVI

Annexe 9 : Réduction d'IFT_{total} hors NODU Vert des SdC du réseau Expé Ecophyto Pomme pour les campagnes 2013 et 2014..... XVII

Sommaire

Introduction	1
I. Contexte de l'étude	2
A. La pomme en France.....	2
1. La filière pomme en France.....	2
2. La production de pommes à couteau en France.....	2
3. La conduite d'un verger de pommiers	2
B. Le réseau national Expé Ecophyto Pomme	3
1. Le plan Ecophyto	3
2. Les réseaux DEPHY	4
3. Le réseau national Expé Ecophyto Pomme	4
C. L'évaluation de systèmes de culture (SdC).....	5
1. L'approche « système de culture ».....	5
2. Des indicateurs pour évaluer les SdC.....	5
3. L'évaluation de SdC dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme	6
D. Objectifs de l'étude.....	7
1. Problématique posée	7
2. Démarche mise en place.....	7
II. Matériel et méthode.....	8
A. Dispositif expérimental.....	8
1. SdC étudiés : localisation et caractéristiques.....	8
2. Leviers techniques mobilisés sur les SdC	9
B. Indicateurs calculés via SYSTERRE®	10
1. Système d'information (SI) SYSTERRE®	10
2. Indicateurs de SYSTERRE® retenus par le réseau.....	10
C. I-Phy _{arbo} , un indicateur d'impact environnemental	11
D. DEXiFruits : une méthode d'évaluation agrégée de la durabilité globale des SdC	11
1. L'outil DEXiFruits.....	11
2. Utilisation de DEXiFruits sur le réseau	12

III. Résultats et propositions de démarches méthodologiques.....	13
A. Un indicateur qualitatif « Etat sanitaire du verger »	13
1. Intérêt de l'indicateur	13
2. Méthodologie de la construction de l'indicateur	13
3. Résultats	13
B. Typologie Efficience-Substitution-Reconception (ESR) des SdC du réseau.....	14
1. Caractérisation des leviers techniques	14
2. Classification des SdC selon ESR.....	15
C. Evaluation des SdC à l'aide d'indicateurs non agrégés.....	16
1. Un référentiel pour interpréter les indicateurs.....	16
2. Evaluation des SdC par groupe de la typologie ESR.....	16
3. Evaluation des SdC au sein des groupes ESR.....	17
D. Evaluation des SdC avec DEXiFruits	18
1. Evaluation de la durabilité globale des SdC	18
2. Interprétation de la durabilité globale des SdC	18
3. Poids des critères d'entrée	19
IV. Discussion.....	20
A. Validation de la typologie ESR des SdC	20
B. Pertinence des indicateurs utilisés	20
1. Validation de l'indicateur « Etat sanitaire du verger »	20
2. I-Phy _{arbo} , un indicateur adapté pour le réseau ?.....	21
3. Les valeurs de référence pour les indicateurs	21
C. DEXiFruits	21
D. Avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation proposées.....	21
V. Conclusion et perspectives.....	22
Bibliographie	23
Annexes	

Introduction

Depuis 50 ans, l'agriculture française a subi d'énormes transformations avec, notamment, une augmentation de la productivité par hectare et par travailleur agricole. Ces transformations ont permis de répondre aux attentes de la société à savoir l'autosuffisance alimentaire, la réduction des prix et la libération de la main d'œuvre pour d'autres travaux, grâce à la mécanisation (Meynard J-M., 2008). En 1992, au Sommet de Rio, une prise de conscience a lieu à propos de la dégradation de l'environnement par les activités humaines, dont l'agriculture.

En 2008, le plan Ecophyto est mis en place en France. Ce plan a deux objectifs principaux : réduire la dépendance de l'agriculture française aux pesticides mais, également, limiter les impacts environnementaux comme les pollutions de l'eau, du sol et la dégradation de la biodiversité dues, en partie, à l'usage de ces produits. Pour atteindre ces objectifs, l'utilisation de produits phytosanitaires doit être réduite de 50% au niveau national.

Ce plan est révisé en 2015 (Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF), 2015). L'objectif de réduction de l'usage des pesticides est conservé mais s'y ajoute celui d'aller vers des agricultures doublement performantes tant sur le plan environnemental qu'économique permettant alors, pour les agriculteurs, de concilier compétitivité et respect de l'environnement (Guillou M. *et al.*, 2013).

Suite à la mise en place de ce plan, le réseau DEPHY, Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes de culture (SdC) économes en PHYtosanitaires, a été créé. Ce réseau expérimente des nouvelles techniques culturales et des SdC innovants. Pour chaque type de production agricole, on retrouve un réseau spécifique : pour la pomme, il s'agit du réseau DEPHY Arboriculture.

La pomme à couteau est une des cultures les plus traitées chimiquement avec, en moyenne, plus de 35 traitements sur une campagne de production (Agreste, 2014). Cet usage important des pesticides est dû aux fortes pressions de bio-agresseurs et aux très stricts critères de qualité pour la commercialisation des pommes. Cependant, dès les années 90, avec la Production Fruitière Intégrée (PFI) dont le but est de raisonner l'usage des produits phytosanitaires, de nombreuses techniques alternatives à la protection phytosanitaire se sont développées.

Dans ce contexte, le réseau national Expé Ecophyto Pomme s'est mis en place pour 6 ans, à partir de 2012, dans le cadre du plan Ecophyto. Des SdC en production de pommes à couteau, et permettant la réduction de l'usage des pesticides, sont étudiés sur 6 sites, au niveau des bassins de production de pommes. Ce réseau a pour objectif de réaliser une évaluation multicritère des SdC, via l'utilisation d'indicateurs. La difficulté de ce type d'évaluation réside dans le caractère pluriannuel et multi local de l'expérimentation mais également, dans ce cas précis, dans le manque de références chiffrées pour les indicateurs calculés sur ces SdC. La problématique de mon stage de fin d'études est donc de proposer des méthodes permettant l'évaluation d'un réseau multi-site de SdC en production de pommes sur plusieurs années.

Dans un premier temps, le contexte de l'étude, à savoir la production de pommes à couteau en France et le plan Ecophyto, sera développé. Puis une partie sera consacrée aux notions d'indicateurs et d'évaluation de SdC.

Les indicateurs retenus, en grande partie issus du Système d'Information (SI) SYSTERRE®, et l'outil DEXiFruits seront présentés ensuite. Enfin, des propositions méthodologiques, d'interprétation et de représentation des résultats d'évaluation des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme seront développées. Elles s'appuieront sur les résultats des campagnes 2013 et 2014. Dans une dernière partie, l'utilisation, l'interprétation et la valorisation de ces résultats seront discutées.

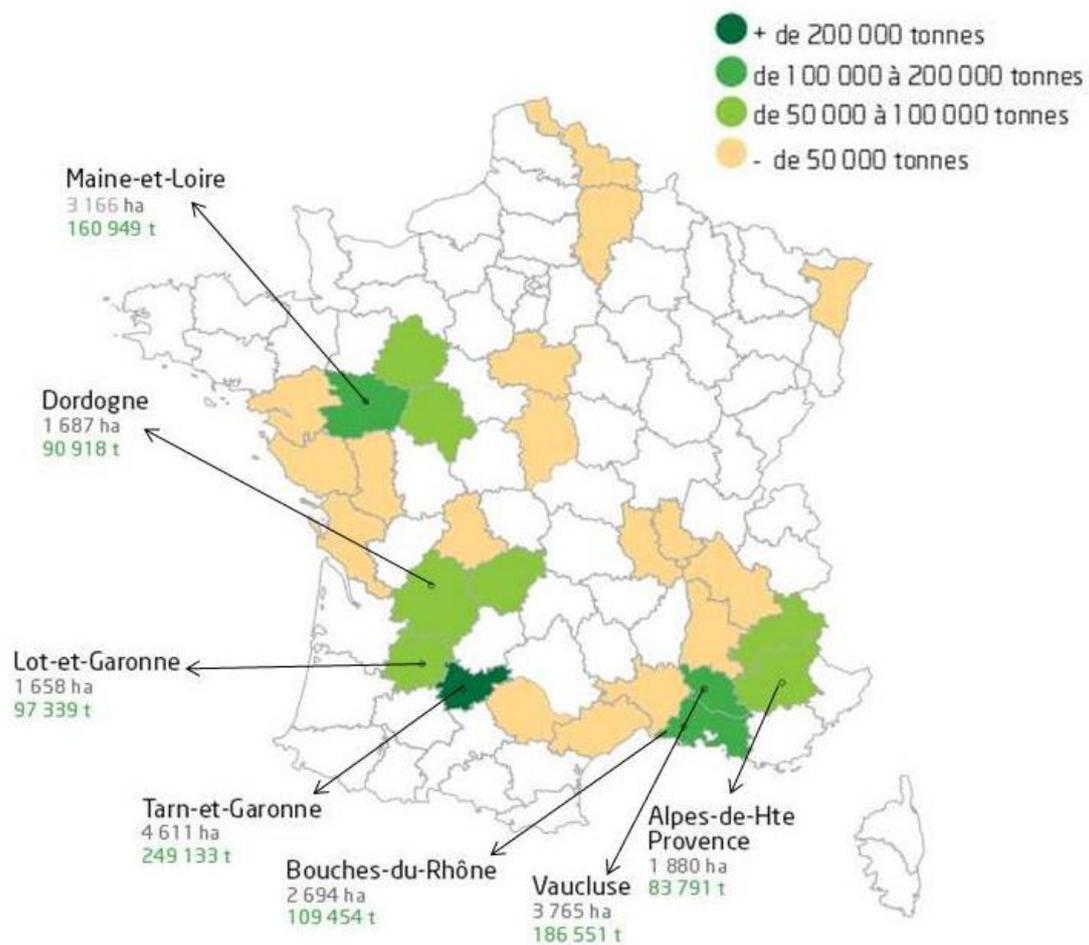


Figure 1 : Répartition de la production française de pommes à couteau en 2013 (FranceAgrimer, 2014).

I. Contexte de l'étude

A. La pomme en France

1. La filière pomme en France

La filière pomme est organisée sous la forme d'Organisations de Producteurs (OP). La filière des pommes de table ou pommes à couteau, différenciée de la filière des pommes destinées à l'industrie, est représentée au sein d'Interfel (INTERprofession des Fruits Et Légumes frais). La plupart de ces OP (représentant 60% du tonnage produit en pommes) sont regroupées au sein de l'Association Nationale Pommes Poires (ANPP), engagée dans la charte de PFI. La filière cidre est une filière à part et représentée au sein de l'Union Nationale Interprofessionnelle CIDricole (UNICID).

La pomme est le fruit le plus consommé en France en volume avec 13 kg/an/personne (Serrurier M., 2015). Les vergers de pommiers nécessitent une protection accrue face aux nombreux bio-agresseurs. Effectivement, il faut, d'une part, obtenir des rendements suffisants pour répondre à la demande et, d'autre part, répondre aux exigences de qualité du marché : coloration, calibre, absence de résidus de pesticides sur fruit. Face aux enjeux sanitaires et environnementaux actuels, la filière pomme se doit de relever le défi de maintenir une production abondante et de qualité tout en réduisant le nombre de traitements phytosanitaires sur les vergers de pommiers.

2. La production de pommes à couteau en France

La production de pommes est la 1^{ère} production fruitière française.

Avec plus de 7 600 exploitations qui cultivent des pommes sur plus de 40 000 ha, la production de pommes en France représente 26% des surfaces récoltées en fruits (FranceAgriMer, 2014). La variété Golden est la plus cultivée (11 279 ha) suivie de la variété Gala (6 105 ha) puis des variétés Granny et Pink Lady® (Desprat M.-J., D. Rodier, 2015). En 2013, 1,7 million de tonnes de pommes ont été récoltées dont 571 000 tonnes de la variété Golden. Les 5 premiers départements producteurs de pommes sont le Tarn-et-Garonne, le Vaucluse, le Maine-et-Loire, les Bouches-du-Rhône et le Lot-et-Garonne (FranceAgriMer, 2014) (Figure 1).

La France est le 3^{ème} producteur européen (derrière l'Italie et la Pologne) et le 5^{ème} exportateur mondial avec 9% du total des exportations de pommes de table dans le monde (FranceAgriMer, 2015).

3. La conduite d'un verger de pommiers

La plantation d'un verger de pommiers est un investissement sur le long terme. En effet, la récolte sur un pommier n'est possible seulement qu'à partir de sa 3^{ème} année après la plantation. La pleine production n'a lieu que lors de la 7^{ème} ou 8^{ème} année de l'arbre. Les variétés les plus précoces peuvent être récoltées dès fin août selon les années (variété Gala) et les plus tardives sont récoltées seulement en novembre (variété Pink Lady®). Sur une campagne, on retrouve des « opérations types » à réaliser telles que la taille, l'éclaircissage, la récolte, l'entretien de l'inter-rang (Figure 2). La manière de réaliser ces opérations peut différer d'un verger à l'autre (opération manuelle ou mécanique, chimique ou mécanique).

Les vergers de pommiers sont soumis à une forte pression de bio-agresseurs. La nature de ces pressions varie en fonction des conditions pédo-climatiques de la parcelle. L'intensité de ces pressions, quant à elle, varie en fonction des conditions météorologiques de l'année.

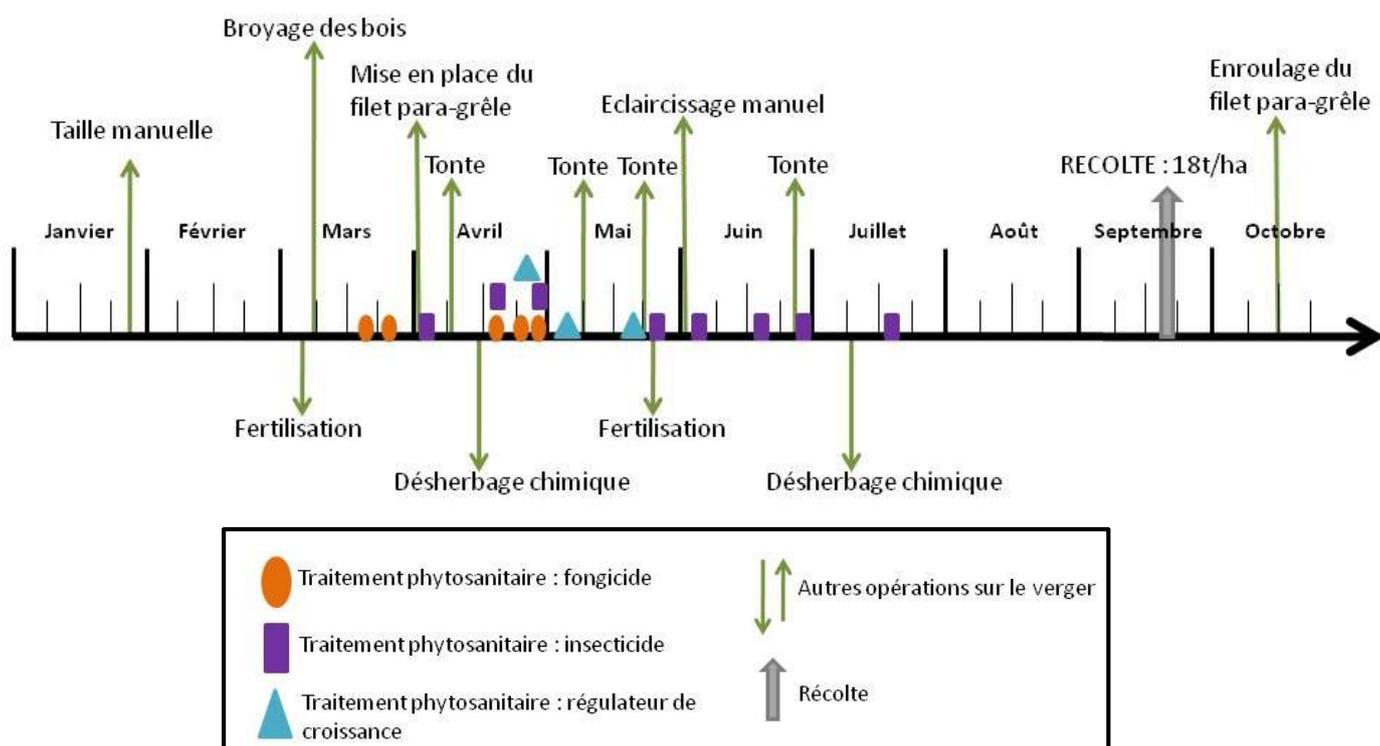


Figure 2 : Exemple de conduite d'un SdC en verger de pommiers de variété Ariane (variété résistante à la tavelure). Verger conduit en conventionnel au Ctifl de Lanxade en 2014 (9^{ème} année de production du verger, 1 300m², 2 500 arbres/ha).

(Données issues de la Base de Données SYSTERRE® du réseau national Expé Ecophyto Pomme)

Les principaux bio-agresseurs du verger sont :

- La tavelure du pommier (*Ventura inaequalis*) est une maladie fongique du pommier. Elle se propage par projection d'ascospores et de conidies lors des pluies, à partir de l'inoculum de la campagne précédente (contaminations primaires). Ensuite, des contaminations secondaires peuvent apparaître, à partir de la première contamination du feuillage. Le symptôme le plus grave pour la production se traduit par l'apparition de croûtes noirâtres sur le fruit ce qui le rend impropre à la commercialisation.
- Le carpocapse du pommier (*Cydia pomonella* L.) est un des ravageurs le plus redoutable pour le pommier. Il y a 1 à 3 vols par an. Ceux-ci sont suivis de la ponte et de l'éclosion de larves qui vont alors chercher à pénétrer dans le fruit jusqu'aux pépins pour se nourrir et finir leur développement. La présence de ces larves dans les fruits a des conséquences dramatiques : la chute du fruit avant sa maturation.
- Les pucerons cendrés (*Dysaphis plantaginea* P.) sont très dommageables pour le pommier. Sur les fruits, les attaques de colonies de pucerons provoquent la déformation des jeunes fruits entraînant alors une dépréciation de la récolte. Les pucerons lanigères (*Eriosoma lanigerum* H.) induisent des dégâts sur les rameaux avec la formation de nodosités.
- L'oïdium (*Podosphaera leucotricha*), qui peut apparaître sur les pommiers dès avril, peut également provoquer des dégâts importants sur les pousses et les feuilles. Ces dégâts ont pour conséquence une baisse de qualité des fruits produits sur les vergers touchés par ce bio-agresseur (Annexe 1).
- Les maladies de conservation de la pomme sont également à prendre en compte dans la conduite du verger en mettant en place une protection efficace contre celles-ci dès le début de la campagne. En effet, même si les symptômes de ces maladies sont constatés au cours du stockage ou dans le circuit de distribution, les contaminations ont souvent lieu au verger (Orts R. *et al.*, 2006).

Face au nombre important de bio-agresseurs auquel le verger de pommiers peut être exposé, celui-ci demande une protection accrue que ce soit via des méthodes chimiques conventionnelles ou via des méthodes de lutte alternatives. En 2011, en France, 35 traitements phytosanitaires étaient appliqués en moyenne sur les vergers de pommiers dont 22 contre les maladies fongiques et 9 contre les insectes ravageurs. Une confusion sexuelle était également mise en place 7 fois sur 10 pour lutter contre le carpocapse et limiter l'application d'insecticides (Pujol J., 2015).

B. Le réseau national Expé Ecophyto Pomme

1. Le plan Ecophyto

Au cours du XX^e siècle, l'agriculture a eu recours à un usage massif d'intrants (notamment de pesticides) pour obtenir des rendements suffisants permettant d'assurer la sécurité alimentaire. Le contexte mondial d'augmentation de la population oblige à maintenir, voire augmenter, les rendements de produits agricoles actuels. Mais la prise de conscience collective, concernant les impacts des activités humaines, notamment agricoles, sur l'environnement, à l'occasion du Sommet de Rio en 1992, implique également de prendre en compte des enjeux environnementaux forts. C'est dans ce contexte que s'est déroulé en 2007 le Grenelle de l'environnement en France. De ce Grenelle est ressortie une mesure, reprise par le Plan National Santé Environnement (PNSE) de 2009. Cette mesure proposait un plan, lancé en 2008, ayant pour objectif la réduction de 50% de l'usage de produits phytosanitaires au niveau national : le plan Ecophyto (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2009).

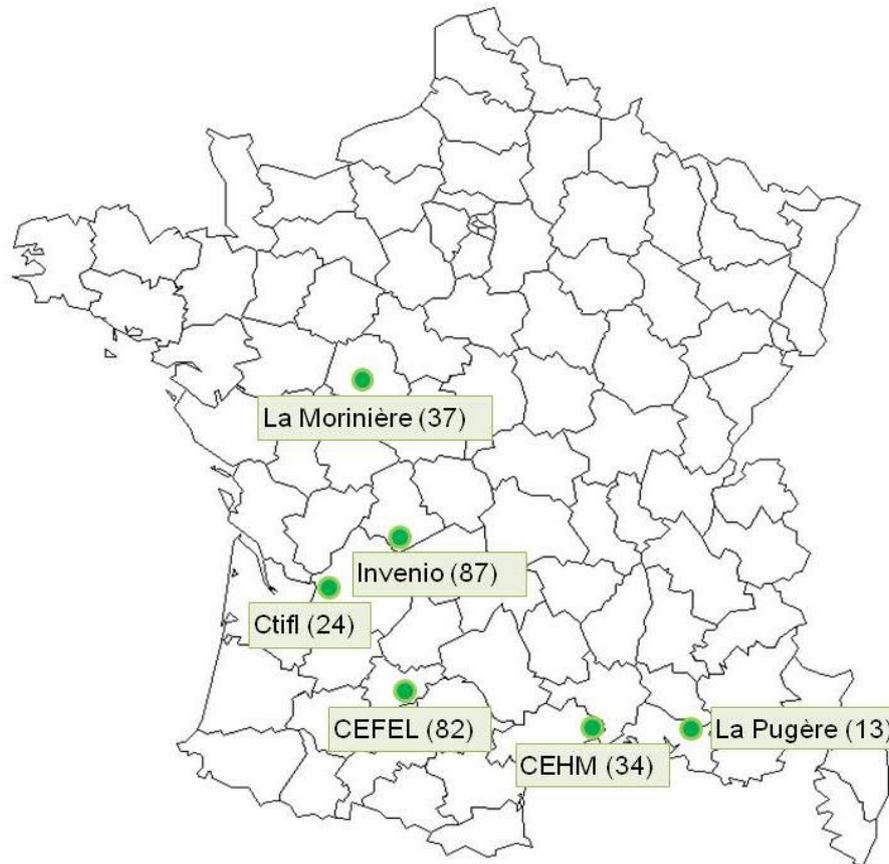


Figure 3 : Situation géographique des 6 sites expérimentaux du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Ce plan devance une directive européenne du « Paquet pesticides », adopté en 2009, qui a pour but de réduire la dépendance des pays européens à l'égard de l'usage des pesticides. Il est piloté par le MAAF.

Le plan Ecophyto est constitué de 9 axes de travail (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2009). Il s'agit, pour les axes 1 et 2, d'évaluer les progrès possibles en terme de diminution de l'usage des pesticides et de recenser les systèmes agricoles et les moyens connus permettant de réduire leur usage. Ce plan accompagne aussi l'innovation dans la conception et la mise au point d'itinéraires culturaux (ITK) et de SdC économes en pesticides (axe 3). La création du Certiphyto (axe 4) et du Bulletin de Santé du Végétal (BSV) (axe 5) sont issus des actions du plan Ecophyto. L'axe 9 prévoit de renforcer la sécurité des utilisateurs de produits phytosanitaires grâce au retrait des substances les plus préoccupantes. Les axes 6, 7 et 8 concernent les spécificités des DOM-TOM, la sécurisation de l'usage des pesticides en zone non agricole ainsi que le suivi et la communication du plan.

Dans les nouvelles orientations du plan, publiées en 2015, il est prévu que le plan Ecophyto s'inscrive également dans la démarche du « Projet Agroécologique pour la France » lancé en 2012 par le Ministre de l'Agriculture, M. LE FOLL. Ce projet, dans la continuité du plan Ecophyto, a pour objectif la double performance économique et environnementale de l'agriculture française (Guillou M. *et al.*, 2013 ; MAAF, 2015).

2. Les réseaux DEPHY

Suite au lancement du plan Ecophyto, le réseau DEPHY s'est mis en place dans le cadre de l'axe 2 du plan. Il est piloté par l'Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA) s'appuyant sur une Cellule d'Animation Nationale (CAN). Ce réseau soutient 3 grands rôles que sont (1) l'expérimentation de SdC et de techniques économes en pesticides, (2) l'évaluation des faisabilités d'implantation de ceux-ci et l'analyse de leurs performances techniques économiques, environnementales et sociales et (3) la favorisation de la production et du transfert de références (Loquet B., Garcin A., 2014). Ce réseau DEPHY se subdivise en deux sous-réseaux :

- Le réseau DEPHY FERME qui rassemble des exploitations agricoles pilotes. Aujourd'hui, pour le réseau de fermes DEPHY en arboriculture, 8 groupes d'agriculteurs en pommes-poires, encadrés par des conseillers techniques, testent chez eux plus de 90 SdC en production de pommes (Garcin A. *et al.*, 2014).
- Le réseau DEPHY EXPE, constitué de sites expérimentaux dans les centres de recherche, les centres techniques, les stations d'expérimentations régionales et les Chambres d'Agriculture.

3. Le réseau national Expé Ecophyto Pomme

Dans le cadre du réseau DEPHY EXPE, le réseau national Expé Ecophyto Pomme a été lancé en 2012 suite à un appel à projet du Ministère de l'Agriculture en 2011 (Annexe 2). L'objectif de ce projet, d'une durée de 6 ans, est l'évaluation multi-site de SdC innovants en production de pommes, visant la réduction d'emploi des produits phytosanitaires.

Regroupant 6 partenaires, sous la direction du Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (Ctifl), 24 SdC sont testés sur 6 sites différents (Figure 3). Sur chaque site, un SdC BASE 1 (variété sensible à la tavelure), qui se veut représentatif des pratiques culturales actuelles des producteurs de pomme de la région est comparé au(x) SdC dit ECOPHYTO/AB, mobilisant des moyens de protection alternatifs et innovants pour limiter l'usage des pesticides. Sur certains sites, un autre SdC, appelé BASE 2 (variété résistante à la tavelure), est également mis en place pour introduire la notion de levier génétique et pouvoir ainsi comparer des SdC de même variété ou de variétés différentes. L'objectif du projet est de proposer des SdC (dénommés BASE 2 ou ECOPHYTO/AB) permettant une réduction de l'usage des produits phytosanitaires de 30 à 70% par rapport au dit SdC BASE 1, tout en restant viable économiquement pour le producteur.

C. L'évaluation de systèmes de culture (SdC)

1. L'approche « système de culture »

Apparu au XVIII^{ème} siècle, le concept de SdC a été laissé de côté jusqu'en 1970. En effet, les recherches des agronomes étaient très axées sur l'écophysiologie de la plante, sa nutrition et sa protection. Ce concept réapparaît ensuite dans le but de concevoir et de mettre en place de nouvelles façons de cultiver (Papy F., 2008).

Un SdC est, selon la définition parue en 1990 : « l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures et leur ordre de succession et par les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés pour les cultures retenues » (Sebillotte M., 1990).

Face à la dégradation de l'environnement, à l'évolution de la demande des consommateurs et aux regards de la société sur les pratiques agricoles, il est nécessaire de concevoir de nouveaux SdC. Selon Meynard, il faut « agir et penser de façon systémique » en prenant en compte les effets non intentionnels des choix techniques, en considérant les interactions entre les techniques et en raisonnant le choix de celles-ci à plusieurs échelles et pas de temps. Il s'agit donc de considérer la parcelle agricole comme un écosystème à piloter au mieux pour en tirer une production. D'où l'utilisation de ce concept de SdC (Meynard J-M., 2008).

En arboriculture, ce concept est légèrement différent car les SdC sont en cultures pérennes. Un SdC se définit donc comme l'ensemble d'un verger sur lequel la même conception de verger (forme de l'arbre, densité, variété) et les mêmes ITK sont appliqués avec des contraintes et des objectifs de rendements fixés (Simon S. *et al.*, 2014).

Dès 1994, une expérimentation SdC en verger de pommiers est menée aux Etats-Unis ; 3 types de SdC étaient testés : conventionnel, PFI et Agriculture Biologique (AB) (Reganold J. P. *et al.*, 2001). En France, c'est en 2005 seulement que le premier dispositif, utilisant cette approche SdC, a été implanté à l'INRA de Gotheron dans le Sud-Est de la France. Ce dispositif (BioREco) compte 9 SdC (3 types de conduite et 3 variétés) sur 3,3 ha (Simon S. *et al.*, 2011).

2. Des indicateurs pour évaluer les SdC

Depuis quelques années, l'utilisation d'indicateurs pour l'évaluation de SdC s'est généralisée. En effet, l'évaluation est une action incontournable car elle permet de suivre, comprendre, mais également, de porter un jugement sur le SdC étudié. L'évaluation de ces SdC permet, entre autre, d'évaluer leur durabilité économique, environnementale et sociale, la durabilité étant une notion majeure pour l'agriculture dans le contexte actuel.

La solution la plus évidente pour estimer l'impact de la mise en place de nouvelles pratiques sur le SdC serait d'effectuer des mesures directes très coûteuses mais aussi, parfois, difficilement réalisables techniquement. L'utilisation d'indicateurs, plus facilement mobilisables, est aujourd'hui privilégiée pour l'évaluation de SdC.

Le concept d'indicateur a été défini par plusieurs auteurs :

- L'OCDE, en 1993, définit un indicateur comme « un paramètre ou une valeur dérivée de paramètres donnant des informations sur un phénomène ».
- Les indicateurs sont aussi définis comme des « variables [...] qui fournissent des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès [...]. Les indicateurs servent aussi de repères pour prendre une décision » (Gras R., 1990).
- « Les indicateurs sont typiquement des observations brutes mises en relation avec leur point de référence. Elles peuvent être quantitatives ou qualitatives » (Riley J., 2001).

Les qualités recherchées pour un indicateur sont sa facilité de mise en place, sa bonne lisibilité, sa sensibilité aux variations d'activités humaines et à celles du milieu mais surtout sa bonne reproductibilité (Girardin P. *et al.*, 2005).

La dernière définition citée introduit la notion de valeur de référence pour un indicateur. En effet, le travail de détermination d'une valeur de référence pour un indicateur donné, dans un contexte précis, permet de faire passer la variable du statut de simple donnée, mesurée ou estimée, au statut d'indicateur. Celle-ci devient donc « une variable à laquelle on a donné du sens » (Girardin P. *et al.*, 2005). La fixation des seuils (ou valeurs de référence) pour les indicateurs est très importante et sort, en général, du cadre scientifique. Elle est souvent peu expliquée et argumentée ce qui conduit à des controverses. Les seuils reflètent le sens accordé à la durabilité des systèmes (Bockstaller C., Galan M-B., *et al.*, 2008).

Il existe différents types d'indicateurs, on distingue 3 groupes (Bockstaller C., Guichard L., *et al.*, 2008) :

- Les indicateurs simples qui sont des variables ou des combinaisons de variables simples et accessibles,
- Les indicateurs estimant l'impact d'un produit, d'un changement d'ITK à partir d'un ensemble de règles formelles, plus ou moins complexes, qui prennent en compte des variables du milieu et des pratiques culturelles,
- Les indicateurs obtenus via des mesures ce qui peut poser des problèmes de faisabilité technique et/ou économique.

Les résultats de ces indicateurs peuvent être présentés sous la forme d'un tableau de bord récapitulant les valeurs prises par chacun. Ce tableau sert à l'interprétation des performances du système étudié. Les indicateurs peuvent être utilisés de manière agrégée via des logiciels comme DEXi (Bohanec M., 2014), utilisé en arboriculture avec l'outil DEXiFruits (Alaphilippe A. *et al.*, 2015) par exemple. Ils auront alors une importance différente selon une pondération adaptée dans l'arbre d'agrégation. Cette pondération est fixée en fonction de la définition de durabilité. Evaluer un SdC, c'est donc quantifier ou qualifier, un ou plusieurs, indicateurs afin de déterminer le degré de maîtrise du SdC pour un ou plusieurs critères.

3. L'évaluation de SdC dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme

• Evaluation de SdC dans le cadre du plan Ecophyto

L'indicateur phare, sur lequel sont basés les objectifs de réduction de 50% de l'usage des pesticides, est l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT). C'est un indicateur d'origine danoise créée en 1980 (Brunet N. *et al.*, 2008), classé dans la catégorie des indicateurs simples (cf I.C.2). Cet indicateur reflète l'intensité d'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture et la dépendance des agriculteurs vis-à-vis de ces produits. L'IFT offre la possibilité de décliner un objectif national de réduction par territoire et par type de culture. Pour le plan Ecophyto, l'IFT pris en compte est l'IFT_{total} hors produits de BioContrôle de la liste NODU Vert (IFT_{total} hors NODU Vert). Il exclut la comptabilisation de l'usage des produits de BioContrôle (BC) qui sera calculé séparément. En fonction des objectifs de chaque projet d'évaluation de SdC, d'autres indicateurs sont utilisés.

• Evaluation de SdC sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme

Globalement, l'évaluation des SdC se fait de 3 manières différentes.

La première est la comparaison des résultats d'indicateurs des SdC limitant l'usage des pesticides au SdC BASE 1, dit de référence et donc composé d'une variété sensible à la tavelure, au niveau de chaque site. C'est la méthode définie dans le projet au départ. Cette méthode ne permet pas de mettre en avant la dimension « d'évaluation en réseau ». Dans ce cas, l'évaluation des SdC est faite indépendamment sur chaque site expérimental.

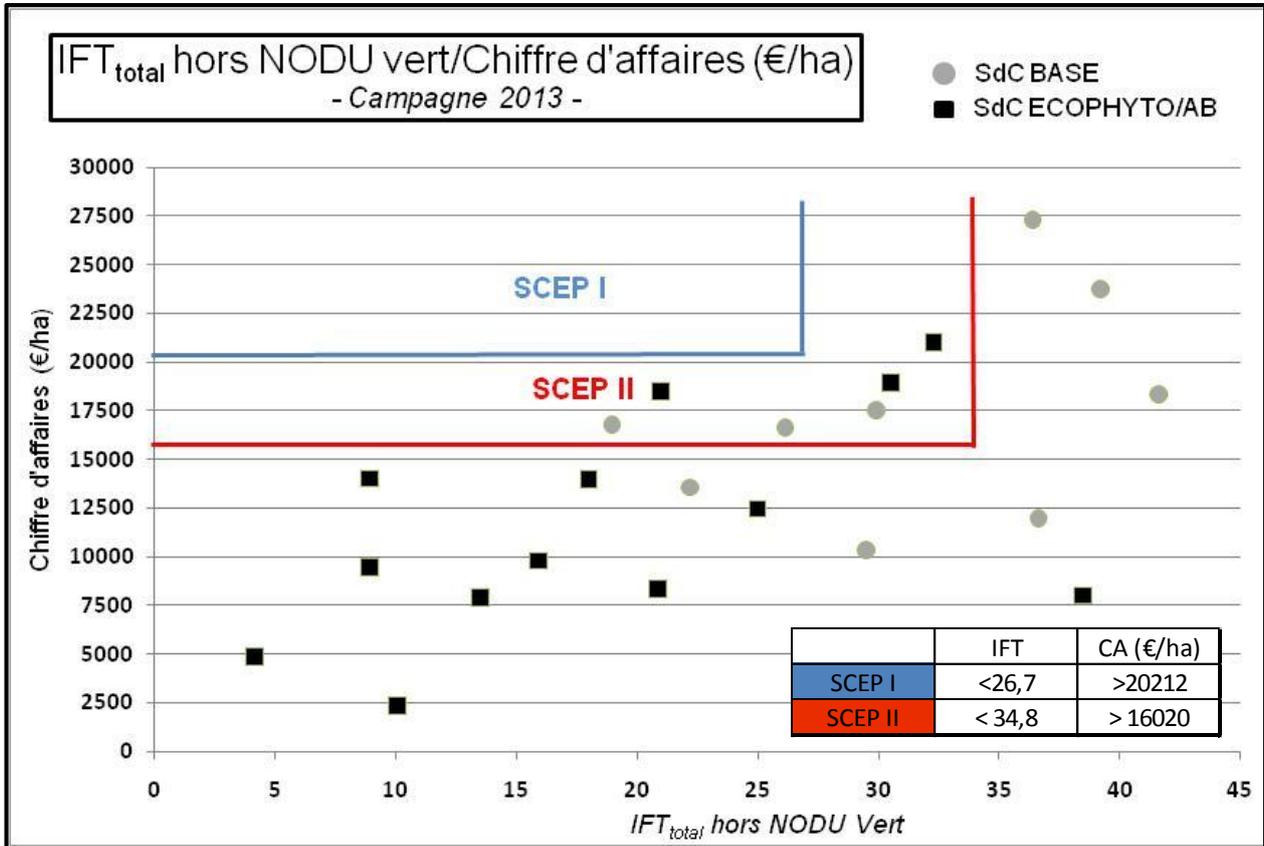


Figure 4 : Exemple de la représentation graphique des Systèmes de Cultures Performants et Economes (SCEP) du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour la campagne 2013.

Pour certains indicateurs comme l'indicateur IFT_{total} hors NODU Vert, les charges en produits phytosanitaires, les heures de travail, la consommation en carburant, la comparaison des résultats se fait aussi entre SdC BASE et ECOPHYTO de même variété sur un même site. Ce double système de comparaison illustre la difficulté dans le choix et les possibilités de valeurs de référence dans l'évaluation de SdC.

La deuxième méthode est le classement des résultats des SdC ECOPHYTO entre eux. Ce classement se fait pour chaque indicateur calculé et chaque campagne de production. Cette méthode ne permet pas de mettre en avant la dimension pluriannuelle de l'étude. De plus, des SdC mobilisant des leviers techniques très différents sont comparés.

Enfin, tous les SdC confondus (BASE 1 de référence, BASE 2 et ECOPHYTO/AB) sont évalués annuellement à partir des résultats de deux indicateurs : IFT_{total} hors NODU Vert et chiffre d'affaires (CA) selon une approche mise en place sur les réseaux DEPHY FERME qui consiste à définir des Systèmes de Cultures Economes et Performants (SCEP). Par définition, les SCEP de niveau I sont situés au-dessous du premier quartile pour l'IFT (IFT faible) et au-dessus du troisième quartile pour le CA (CA élevé). Les SCEP de niveau II sont considérés comme un peu moins performants. Ils se situent au-dessous de la médiane pour l'IFT et au-dessus de la médiane pour le CA (Figure 4). Le calcul de ces quartiles est issu des données récoltées sur le réseau DEPHY FERME Arboriculture. Les résultats des SdC DEPHY EXPE ne sont pas pris en compte dans ces calculs. Les valeurs chiffrées définies pour délimiter les SCEP I et les SCEP II peuvent faire l'objet de débats comme souvent dans le cas de choix de valeurs de référence d'indicateurs (Bockstaller C., Galan M-B., *et al.*, 2008), Cela peut détourner l'attention sur la discussion d'une valeur chiffrée plus que sur l'évaluation des SdC.

D. Objectifs de l'étude

1. Problématique posée

Mon stage se situe dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme et consiste à proposer une méthodologie d'évaluation multicritère des SdC pour les 6 années du projet.

La difficulté des évaluations sur ce réseau réside dans le caractère multi-site (réseau national) et pluriannuel (plusieurs campagnes) de l'évaluation de plus de 20 SdC. Les indicateurs ont été choisis en début de projet en fonction des contraintes de la collecte des données, qui devait être facilement et rapidement réalisable, et de la disponibilité des outils en 2012 (indicateurs calculés via le SI SYSTERRE[®] pour les grandes cultures). De plus, le secteur de l'arboriculture dispose de très peu de références chiffrées pour l'interprétation des indicateurs calculés.

La question est donc :

« Comment évaluer un réseau multi-site de SdC en production de pommes à couteau limitant l'utilisation de produits phytosanitaires sur plusieurs années ? »

2. Démarche mise en place

Actuellement, seules les données de deux campagnes (2013 et 2014) sont disponibles. Le travail porte donc sur celles-ci mais la méthodologie proposée a pour objectif d'être appliquée aux 6 années du projet.

Bien que les SdC soient déjà définis comme BASE 1 ou 2 ou ECOPHYTO/AB, une typologie plus fine a été proposée à partir de la typologie Efficience-Substitution-Reconception (ESR) de Hill et MacRae (Hill S. B., MacRae R. J., 1996) basée sur la notion de leviers mobilisés.

Un panel d'indicateurs a été mobilisé :

- Des indicateurs simples, techniques et économiques ainsi que l'IFT_{total} hors NODU Vert, calculés via SYSTERRE®.
- I-Phy_{arbo}, indicateur composite, issu de la méthode INDIGO® et adapté à l'arboriculture.
- Un indicateur « Etat sanitaire du verger », a été développé au cours du stage et ajouté comme indicateur pour obtenir une information qualitative supplémentaire sur les performances des SdC.

Un référentiel de valeurs de référence pour ces indicateurs a été construit à partir de la bibliographie et à dire d'experts.

Une analyse des résultats de ces indicateurs pour 2013 et 2014 a été réalisée en se basant sur la typologie ESR proposée et sur le référentiel. Le but était d'essayer de proposer un classement des groupes ESR mais, également, à l'intérieur de chaque groupe, d'essayer d'identifier les SdC les plus performants économiquement et environnementalement.

L'utilisation DEXiFruits (méthode d'évaluation agrégée de la durabilité) (Alaphilippe A. *et al.*, 2015), a également été testée sur les résultats des SdC pour 2013 et 2014, ceci toujours dans le cadre de la typologie ESR. L'objectif de ce travail était d'évaluer la durabilité globale des SdC étudiés et de proposer une méthode d'interprétation des résultats de cet outil à travers la recherche de critères communs aux SdC d'un même groupe ESR.

II. Matériel et méthode

A. Dispositif expérimental

1. SdC étudiés : localisation et caractéristiques

Les 24 SdC étudiés sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme sont localisés dans les grands bassins de production de pommes français (Figure 5). Cette diversité de localisation offre l'avantage de représenter une large gamme de conditions pédoclimatiques permettant alors de tester des SdC économes en intrants avec différents types et intensités de pression de bio-agresseurs. Sur chaque site, il y a de 2 à 6 SdC à l'étude. Il y a un ou deux SdC BASE (BASE 1, la référence, et BASE 2, pour comparer des SdC de même variété) et un ou plusieurs SdC ECOPHYTO/AB (Figure 5).

Les SdC sont implantés sur des surfaces allant de 500 m² au CEFEL, pour l'ensemble des SdC testés sur ce site, à 5 200 m² au CEHM, pour le SdC ECOPHYTO. L'âge des vergers est très variable : 11 ans, pour le CEHM BASE 1, à 4 ans, pour les BASE AB 2 et AB 2 du CEHM. Les arbres sont tous conduits en axe sur le réseau, sauf 2 SdC au Ctifl conduits en mur fruitier. Les densités de plantation varient de 800 à 2 500 arbres/ha (Annexe 3).

Concernant les conditions climatiques et pédologiques, la pluviométrie est très différente entre les sites expérimentaux. En 2014, entre mars et septembre, le nombre de jours de pluie a varié de 49 (La Pugère) à 87 (Invenio). Entre mars et mai, les quantités de pluie ont varié entre 212 et 346 mm, pour La Morinière et La Pugère en 2013, et entre 57 et 252 mm, pour le CEHM et le Ctifl en 2014. Chaque jour de pluie induit un risque de contamination du verger par la tavelure. Ce risque est d'autant plus élevé que la quantité de pluie sera importante. Les températures plus élevées pour le site du CEHM et de la Pugère, dans le Sud Est, augmentent la pression de certains bio-agresseurs en permettant une 3^{ème} génération de carpocapses et en favorisant le développement de l'oïdium, par exemple.

Quelques caractéristiques du sol et de la parcelle sont communes à tous les SdC comme la pente faible à nulle et l'enherbement dans l'inter-rang. Cependant, pour la pédologie, chaque site a ses spécificités (Tableau 1).

Tableau 2 : Leviers techniques mis en place sur les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Modalités de systèmes	Variété standard	Variété RT	Prophy-laxie	Produits de BC			Filet Alt'Carpo	Traitements Tavelure selon modèle	Traitement par aspersion sur frondaison	Bâche anti-pluie	Eclaircissage mécanique	Entretien du sol mécanique	Adaptation du vol. de bouillie et des doses	Objectif de réduction
				Micro-organismes	Confusion sexuelle	Lâchers d'auxiliaires								
La Morinière	SdC BASE 1	Gala	X	X				X						Réf.
	SdC BASE 2		X	X				X						15 à 30%
	SdC ECOPHYTO 1	Gala	X	X	X			X			X	X		30 à 50%
	SdC ECOPHYTO 2		X	X	X			X			X	X		60 à 70%
	SdC ECOPHYTO 2'		X	X	X			X			X	X		50 à 60%
	SdC AB 2		X	X	X			X			X	X		60 à 70%
Cifli	SdC BASE 1	Gala	X					X						Réf.
	SdC BASE 2		X					X						15 à 30%
	SdC ECOPHYTO 1	Gala	X	X				X		X	X	X		50%
	SdC ECOPHYTO 1bis	Gala	X	X				X	X		X	X		15 à 30%
	SdC ECOPHYTO 2		X	X	X		X (2013)	X			X	X		70 %
	SdC BASE 1	Fuji		X				X						Réf.
CEFFEL	SdC BASE 2		X	X				X						15 à 30%
	SdC ECOPHYTO 1	Fuji	X					X			X			50%
	SdC ECOPHYTO 2		X					X			X			50 à 70%
	SdC BASE 1	Golden	X	X	X			X						Réf.
La Pugière	SdC ECOPHYTO 1	Golden	X	X				X			X	X	X	30 à 50%
	SdC ECOPHYTO 2		X	X				X			X	X		50 à 70%
	SdC BASE1	Golden	X	X	X			X						Réf.
CEHM	SdC ECOPHYTO 1	Golden	X	X	X			X	X		X	X		50%
	SdC BASE 1	Granny		X	X			X						Réf.
	SdC ECOPHYTO 1	Granny	X	X				X			X	X		50%
	SdC BASE AB 2	Akane	X	X	X			X				X		15 à 30 %
	SdC AB 2	Akane	X	X	X			X				X		60 à 70 %

2. Leviers techniques mobilisés sur les SdC

Sur l'ensemble des SdC du réseau, 12 leviers sont mobilisés pour réduire l'utilisation des pesticides en verger de pommiers. Ces leviers peuvent être génétiques, mécaniques, physiques, concerner l'utilisation de produits de BC ou encore concerner les techniques d'application des produits phytosanitaires.

- Le levier génétique mobilisé est **l'utilisation de variétés résistantes (RT) à la tavelure**, telles que les variétés Ariane_{cov} ou Crimson Crisp. Ces variétés sont des variétés mono résistantes grâce à la présence du gène de résistance Vf (R_{Vi6} dans la nouvelle nomenclature). En tout, 9 SdC, BASE 2 et ECOPHYTO/AB 2, sont concernés par ce levier. Sur l'ensemble du réseau, 7 variétés différentes, sensibles ou RT à la tavelure, sont étudiées pour permettre d'avoir une vision large des performances de SdC avec différentes variétés de pommes, dont les plus cultivées en France.

- Les leviers physiques mis en place sont l'installation de **filets Alt'Carpo** et de **bâches anti-pluie**. Les filets Alt'Carpo permettent de créer une barrière physique empêchant le carpocapse de rentrer dans le verger et de pondre ces œufs. Ce filet permet de ne pas recourir à des traitements insecticides ou, en cas de forte pression, seulement de les réduire. Plus de 12 SdC ECOPHYTO ont recours à cette innovation qui est testée en Chambre d'Agriculture et chez des producteurs depuis 2005 (Romet L., Severac G., 2008). Seul le SdC ECOPHYTO 1 du Ctifl, est équipé du système de bâche anti-pluie. Ce levier permet de protéger les rangs de pommiers de la pluie et donc des projections d'ascospores et de conidies, évitant alors une contamination du verger par la tavelure. C'est une technique encore à l'étude, mais les premiers résultats obtenus sur le site du Ctifl de Lanxade sont assez satisfaisants : en 2012, 0% de fruits tavelés à la récolte sous les rangs avec une bâche anti-pluie contre 63% de fruits tavelés sur le témoin non bâché et non traité avec des fongicides (Zavagli F. *et al.*, 2013).

- Des **produits de BC, à base de micro-organismes** (*Bacillus thuringiensis*, Carpovirusine), sont utilisés sur 18 SdC qu'ils soient BASE ou ECOPHYTO/AB. En effet, dans les pratiques actuelles des producteurs, l'usage de ces produits est déjà intégré dans la stratégie en complémentarité des produits chimiques standards (dires d'experts). **La confusion sexuelle**, médiateur chimique, est mise en place sur 11 SdC BASE et ECOPHYTO/AB. Sur la campagne 2013, des **lâchers d'auxiliaires** ont été réalisés sur le SdC ECOPHYTO 2 du Ctifl.

- Plusieurs techniques d'amélioration ou de réduction de l'application de produits phytosanitaires sont mises en place sur le réseau comme le **traitement par aspersion**, qui a de nombreux avantages comme le meilleur positionnement temporel des traitements. **L'application d'un modèle** pour les prévisions de contaminations de la tavelure, appelé RIMPro® (<http://www.rimpro.eu/>), est utilisé sur l'ensemble des SdC. Seul le SdC avec la bâche anti-pluie n'utilise pas ce modèle car l'objectif est de n'appliquer aucun traitement fongique sur les arbres au cours de la campagne. Sur tous les SdC, sauf un, le broyage des feuilles qui permet la destruction de l'inoculum de tavelure, est pratiqué ; c'est une mesure de **prophylaxie** pour lutter contre la tavelure. Pour réduire l'usage des pesticides, **l'éclaircissage mécanique** est privilégié sur 9 SdC ECOPHYTO et le **désherbage mécanique** du rang est pratiqué sur 15 SdC, soit l'ensemble des SdC ECOPHYTO/AB. Pour le site de La Pugère, sur les SdC ECOPHYTO 1 et 2, les **volumes de bouillie et les doses** appliquées lors des traitements phytosanitaires sont adaptés pour essayer d'aller vers une réduction de ceux-ci grâce à l'ajustement du volume du traitement au volume foliaire de l'arbre.

Pour chacun des SdC BASE 2 et ECOPHYTO/ AB, un objectif de réduction de l'usage des pesticides, par rapport au SdC BASE 1 de chaque site, a été fixé en fonction des moyens techniques mis en place sur ceux-ci, et des conditions météorologiques du site (Tableau 2).

Au niveau de chaque site expérimental, la trame de règles de décisions (RDD) réfléchi pour le réseau est légèrement ajustée en fonction des conditions climatiques et des leviers mobilisés (Annexe 4). Même si les SdC sont mentionnés selon 2 groupes BASE, ECOPHYTO/AB, ils ne sont pas strictement identiques entre eux dans chaque catégorie.

B. Indicateurs calculés via SYSTERRE®

1. Système d'information (SI) SYSTERRE®

Le SI SYSTERRE® a été mis au point par Arvalis – Institut du Végétal – en 2008. Il est opérationnel pour les grandes cultures depuis 2009. C'est un outil permettant d'évaluer les performances techniques, économiques et environnementales des systèmes de productions végétales sur une exploitation agricole, expérimentale, réelle ou fictive, et ceci à plusieurs échelles : parcelle, SdC, exploitation (Jouy L., 2011). SYSTERRE® permet le calcul d'un ensemble d'indicateurs de performances conduisant à une évaluation multicritère de l'objet étudié. L'adaptation de cet outil à l'arboriculture a été réalisée en 2011 en intégrant les outils et opérations culturales adéquats dans la BDD de SYSTERRE® (Noubel L., 2013). En effet, les pratiques et les outils en arboriculture sont différents de ceux utilisés en grandes cultures.

Pour le réseau national Expé Ecophyto Pomme, cet outil permet de tracer les informations techniques, économiques et les calendriers des différentes interventions culturales effectuées sur les SdC et ceci sur plusieurs campagnes. SYSTERRE® permet donc la mutualisation de l'ensemble des informations du réseau pour toute la durée du projet.

2. Indicateurs de SYSTERRE® retenus par le réseau

Pour le réseau national Expé Ecophyto Pomme, 14 indicateurs ont été retenus pour l'évaluation des SdC pour des raisons d'accessibilité et de disponibilité des données sur chaque site expérimental (Annexe 5). Parmi ces 14 indicateurs, 5 ont été retenus pour cette étude car certains indicateurs étaient redondants ou renseignés partiellement comme les charges opérationnelles où l'irrigation et la fertilisation ne sont pas prises en compte, dans le cadre de ce projet.

Au niveau économique, on retrouve :

- Le **rendement commercial** (t/ha) : renseigné directement en t/ha dans le SI SYSTERRE® après calibrage des pommes selon des critères commerciaux établis pour le réseau.
- Les **charges de mécanisation** (€/ha) : elles prennent en compte l'amortissement technique du matériel, les frais financiers, l'entretien et la réparation du matériel, la consommation de gasoil et éventuellement la location du matériel.

Au niveau des indicateurs techniques, on retrouve :

- Le **temps de travail** (h/ha) : c'est le temps passé pour les différentes opérations culturales et de maintenance effectuées sur la parcelle. Pour le réseau, il ne prend pas en compte les observations et notations au verger ni le temps de travail lié à la fertilisation et l'irrigation.

A partir des informations saisies dans le SI, d'autres indicateurs sont calculés « manuellement » pour évaluer les SdC sur le réseau, comme l'**IFT_{total} hors produits de BC de la liste NODU Vert** (IFT_{total} hors NODU Vert). A partir des charges phytosanitaires calculées par SYSTERRE® (coût de tous les produits phytosanitaires) et des amortissements de matériels servant à la protection du verger (filet Alt Carpo, bâche anti-pluie), un indicateur économique supplémentaire a été introduit : « le **coût des intrants** (au sens large) **pour la protection du verger** » (coût i. protection) en €/ha.

L'ensemble de ces indicateurs est calculé à l'échelle du SdC et sur une année de production.

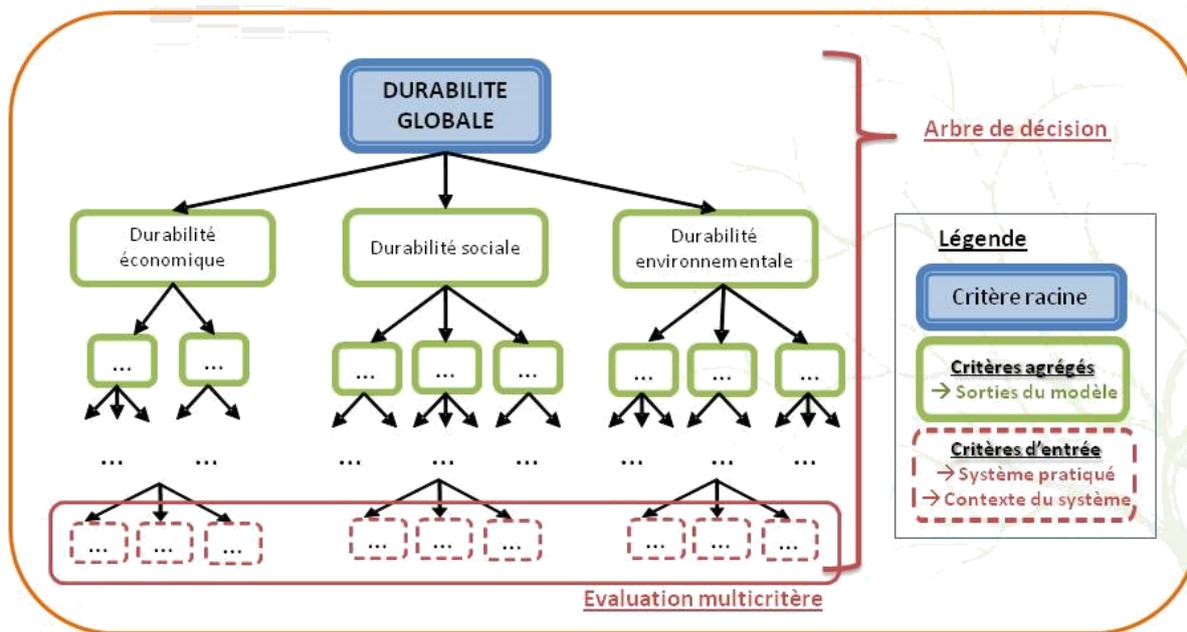


Figure 6 : Schéma de la structure de l'arbre de décision des outils type DEXiPM (A. Vélou *et al.*, 2015).

IFT _{total} hors NODU Vert	
Très élevé	>V1
Elevé	Entre V2 et V1
Moyen	Entre V3 et V2
Faible	<V3

Figure 7 : Exemple des classes du critère d'entrée " IFT_{total} hors NODU Vert " de l'outil DEXiFruits (V1, V2 et V3 correspondent aux seuils d'IFT_{total} hors NODU Vert fixé par espèce fruitière disponible dans les extensions du tutoriel de l'outil. Pour la pomme à couteau : V1= 40, V2= 32, V3=24).

Durabilité économique 33%	Durabilité sociale 33%	Durabilité environnementale 33%	Durabilité totale
Très faible	Très faible	Très faible	Très faible
Faible	Moyen	Très faible	Faible
Moyen	Très élevé	Faible	Moyen
Moyen	Elevé	Très élevé	Elevé
Très élevé	Elevé	Très élevé	Très élevé

Figure 8 : Extrait du tableau de contingence de la durabilité totale de l'outil DEXiFruits (A. Vélou *et al.*, 2015)

C. I-Phy_{arbo}, un indicateur d'impact environnemental

En complément de tous ces indicateurs technico-économiques, l'indicateur I-Phy a été retenu pour le réseau national Expé Ecophyto Pomme. C'est un outil de diagnostic évaluant le risque de l'impact de l'utilisation de produits phytosanitaires mais, également, un outil d'aide à la décision permettant d'effectuer des simulations de programmes de traitements et d'amélioration des modalités d'application. Cet indicateur, issu de la méthode INDIGO[®] de l'INRA, conçue pour les grandes cultures, a été adapté à l'arboriculture (I-Phy_{arbo}) dans le cadre d'un travail commun entre l'INRA et le Ctifl.

I-Phy_{arbo} prend en compte 5 types de risques à savoir (1) un potentiel d'entraînement vers les eaux souterraines et (2) les eaux de surface, (3) un potentiel de transfert vers l'air, (4) une présence potentielle du produit liée à la seule charge (dose) en substance et (5) potentiel d'effet défavorable de la substance utilisée pour la faune auxiliaire et utile des cultures (Soing P., 2008).

Pour chaque traitement réalisé sur la parcelle, une note I-Phy_{sa} est calculée. Elle prend en compte les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances actives contenues dans le produit phytosanitaire appliqué, les caractéristiques de la parcelle et les conditions d'application du traitement. Ces notes sont ensuite agrégées suivant une méthode de logique « floue » pour obtenir l'indice I-Phy_{arbo} pour la totalité du programme de traitements.

Pour le réseau national Expé Ecophyto Pomme, le choix a été fait de fixer des modalités d'application et des caractéristiques parcellaires identiques pour l'ensemble des SdC. L'objectif est de pouvoir s'affranchir des variations de l'indice I-Phy_{arbo} dues au contexte du site expérimental pour se focaliser sur l'évaluation stricte des pratiques phytosanitaires sur l'environnement (Noubel L., 2013).

Cet indice I-Phy_{arbo} varie de 0 à 10. Une note de 10 correspond à un risque maximum d'impact défavorable et une note de 0 à une absence de risque d'impact connu. Le seuil de cet indicateur est fixé à 3 qui est la valeur maximale acceptable par la société.

Pour les SdC du réseau, l'indice a été calculé via l'outil I-Bop[®], développé par le Ctifl et disponible sur la plateforme Inoki[®] 3.7.0.4269 (<http://www.ctifl.fr/Inoki/>).

D. DEXiFruits : une méthode d'évaluation agrégée de la durabilité globale des SdC

1. L'outil DEXiFruits

L'outil DEXiFruits est un outil d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes de cultures fruitiers. Il a été développé à partir de DEXiPM-pomefruit[®] dans le cadre d'un appel à projet Pour et Sur le Plan Ecophyto (PSPE) (Alaphilippe A. *et al.*, 2015).

Les outils DEXiPM, qui utilisent le logiciel DEXi (Bohanec M., 2014), permettent d'obtenir une représentation hiérarchisée de critères qui décomposent la durabilité des SdC selon les 3 piliers de la durabilité : pilier économique, pilier social, pilier environnemental. Cette représentation se présente sous la forme d'un arbre de décision (Figure 6) qui regroupe :

- des critères d'entrée (quantitatifs et qualitatifs) pour lesquels l'utilisateur doit renseigner des informations sur son SdC,
- des critères agrégés, issus de l'agrégation pondérée des critères d'entrée.

Pour chacun des critères d'entrée, des classes qualitatives du type « faible, moyen, élevé » sont définies. Pour les critères dits « quantitatifs », des valeurs seuils de passage d'une classe à l'autre sont déterminées par des calculs sur les réseaux DEPHY, de la bibliographie et/ou à dire d'experts (Figure 7).

Tableau 3 : Nomenclature des critères d'entrée de DEXiFruits et origine des données rentrées dans l'outil pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Critères d'entrée spécifiques pour les SdC du réseau		Critères d'entrée du "système type"	
Catégorie	Libellé	Catégorie	Libellé
Contexte agro-environnemental	Pression foncière de la région	Contexte agro-environnemental	Importance et connectivité des infrastructures agro-écologiques (IAE) de l'exploitation
	Importance et connectivité des habitats semi-naturels		Diversité des infrastructures agro-écologiques (IAE) de l'exploitation
	Mosaïque des cultures du paysage	Contexte socio-économique	Connaissances et compétences de l'arboriculteur et de ses employés
	Disponibilité locale en eau		Accès aux connaissances
	Sensibilité de la parcelle à la lixiviation		Accès aux équipements et aux intrants
	Sensibilité de la parcelle au ruissellement		Disponibilité en ressources financières
	Sensibilité de la parcelle à l'érosion éolienne		Difficultés à recruter de la main d'oeuvre
Sensibilité de la parcelle et pratiques aggravant les émissions de N2O	Dépendance aux marchés		
Besoin en équipement	Satisfaction vis-à-vis du marché visé		
Contexte socio-économique	Valeur sociale du paysage	Accessibilité sociale du produit pour les consommateurs	
	Perturbations pour le voisinage	Acceptabilité de la stratégie par la société	
	Transfert de connaissances vers la société	Aides directes	
		Apports de N minéral	
Résultats et pratiques culturales	Consommation en eau	Résultats et pratiques culturales	Apports de N organique
	Matériel d'irrigation		Apports de P minéral
	Niveau d'enherbement		Apports de P organique
	Bandes fleuries		Apports de K minéral
	Cultures associées et plantes de services		Amendements organiques
	Présence d'habitats artificiels au verger		Coûts de production
	Importance et connectivité des haies		Régularité de distribution de la charge de travail
	Richesse des haies		Complexité du système
	Risque de dérive des pesticides		Difficultés physiques et pénibilité du travail
	IFT hors NODU vert *		
	IFT Total *		
	Coûts de la protection des cultures *		
	Utilisation d'intrants contenant des métaux lourds		
	Précautions phytosanitaires et produits dangereux		
	Maitrise du pH du sol		
	Utilisation des machines *		
	Travail mécanique sur le rang *		
	Opérations de gestion du couvert de l'inter-rang *		
	Rendement *		
	Prix de vente		
Valeur de la production *			
Temps de travail *			
Régularité de la production			

● Données issues SYSTERRE®
● Données complémentaires
 * Valeur de critère d'entrée quantitatif issu de la moyenne des campagnes 2013 et 2014

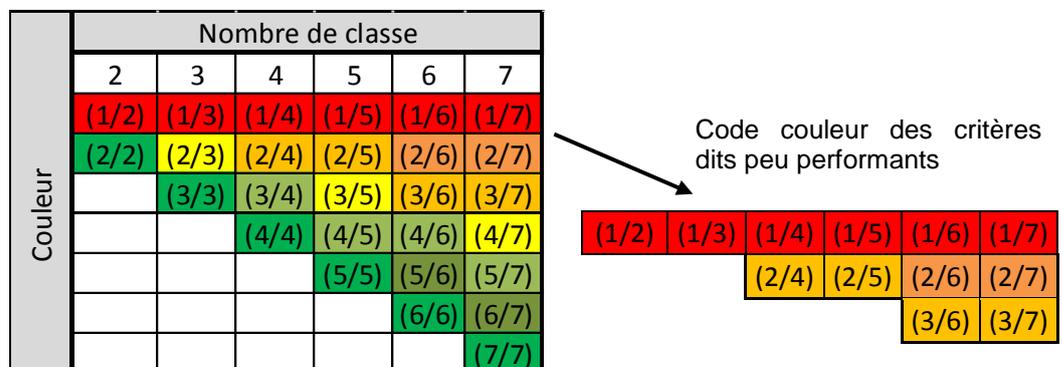


Figure 9 : Niveaux d'agrégation des critères et notes correspondantes de DEXiFruits.

Les agrégations entre les critères sont construites grâce à des « fonctions d'utilité » représentées dans des « tableaux de contingence ». Le raisonnement d'agrégation est basé sur la méthode « si-alors ». Par exemple, pour une durabilité environnementale faible, une durabilité économique moyenne et une durabilité sociale très élevée, on accordera au SdC une durabilité totale moyenne (Figure 8).

Certaines données d'entrée étant difficilement mobilisables selon les cas étudiés, l'outil DEXiFruits propose un « système type ». C'est un SdC moyen, dit de référence, pour lequel les classes des critères d'entrée ont été définies nationalement (les méthodes de détermination peuvent varier suivant les espèces). Il permet de (1) comparer les SdC étudiés avec une référence nationale ; (2) de remplir les données manquantes de SdC dont certaines informations sont indisponibles et (3) de comparer des SdC pratiqués dans un même contexte. Ce « système type » peut être redéfini suivant les contextes et les objectifs d'évaluations.

L'outil DEXiFruits regroupe 57 critères d'entrée différents et rassemblés en différentes catégories (Tableau 3) :

- Contexte agro-environnemental,
- Contexte socio-économique,
- Résultats et pratiques culturelles.

2. Utilisation de DEXiFruits sur le réseau

Les données d'entrée ont été récoltées dans la BDD SYSTERRE® ou directement auprès des partenaires de chaque site expérimental.

Cependant, les SdC étudiés sont localisés sur des sites expérimentaux. Certains critères d'entrée, comme « la dépendance aux marchés » ou « les connaissances et compétences de l'arboriculteur » ne peuvent donc pas être complétés correctement, comme dans le cadre d'une exploitation agricole réelle. Pour ces 22 critères d'entrée, les classes choisies sont donc celles du « système type » (Tableau 3). De plus, toutes les données liées à la fertilisation n'ont pas pu être mobilisées pour cette étude. Ces données sont également remplacées par celles du « système type ».

Généralement il est conseillé d'évaluer la durabilité d'un SdC sur une campagne de production (une année en arboriculture). Pour le projet, le choix a été fait de réaliser des moyennes des deux campagnes, 2013 et 2014, pour l'ensemble des critères quantitatifs (Tableau 3). En effet, le réseau a pour but de faire ressortir, à la fin du projet, des SdC performants économiquement et environnementalement. L'idée est donc de proposer une note de durabilité des SdC pour l'ensemble des campagnes étudiées (ici seulement 2013 et 2014), ce qui permet de lisser les variations de performances en fonction des conditions climatiques et de la pression des bio-agresseurs. Cette note pourrait donc indiquer si, globalement, avec des conditions climatiques et des pressions de bio-agresseurs plus ou moins fortes, le SdC a été durable sur plusieurs années de production.

Pour l'étude plus fine de la durabilité des SdC, des graphiques de type Visu ont été utilisés (Annexe 6). Obtenus à partir d'une macro Excel®, ils permettent d'avoir une vision d'ensemble de toutes les notes attribuées aux critères, agrégés ou d'entrée, de l'arbre. Un critère d'entrée ou agrégé sur ces graphiques sera considéré comme peu performant quand il obtient les notes $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{2}{5}$, $\frac{2}{6}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{3}{6}$, $\frac{3}{7}$ (Figure 9).

<p><u>Tavelure :</u> Fruits tavelés > 2% Pousses tavelées > 20%</p> <p><u>Carpocapses et tordeuses :</u> Fruits touchés > 2%</p> <p><u>Pucerons cendrés :</u> Pousses touchées > 15%</p> <p><u>Pucerons lanigères :</u> Pousses touchées > 10%</p> <p><i>Remarque :</i> <i>seuils fixés à dire d'experts</i></p>

Figure 10 : Seuils retenus pour l'indicateur « Etat sanitaire du verger » pour les principaux bio-agresseurs en verger de pommiers.

Tableau 4 : Valeurs de l'indicateur " Etat sanitaire du verger " pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour 2013 et 2014.

SdC	2013	2014
CEHM BASE AB 2	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
CEHM BASE 1	Maîtrise moyenne	Bonne maîtrise
CEHM ECOPHYTO AB	Bonne maîtrise	Maîtrise moyenne
CEHM ECOPHYTO 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
CEFEL BASE 1	Bonne maîtrise	Maîtrise insuffisante
CEFEL BASE 2	Maîtrise insuffisante	Maîtrise insuffisante
CEFEL ECOPHYTO 1	Maîtrise insuffisante	Maîtrise insuffisante
CEFEL ECOPHYTO 2	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
Ctifl BASE 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
Ctifl BASE 2	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 1bis	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 2	Maîtrise moyenne	Bonne maîtrise
Invenio BASE 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
Invenio ECOPHYTO 1	Maîtrise insuffisante	Maîtrise insuffisante
La Morinière BASE 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
La Morinière BASE 2	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
La Morinière AB 2	Maîtrise insuffisante	Maîtrise moyenne
La Morinière ECOPHYTO 1	Maîtrise insuffisante	Bonne maîtrise
La Morinière ECOPHYTO 2	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
La Morinière ECOPHYTO 2'	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
La Pugère BASE 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
La Pugère ECOPHYTO 1	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise
La Pugère ECOPHYTO 2	Bonne maîtrise	Bonne maîtrise

III. Résultats et propositions de démarches méthodologiques

A. Un indicateur qualitatif « Etat sanitaire du verger »

1. Intérêt de l'indicateur

Sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme, l'année de production est caractérisée par les niveaux d'attaques de chaque bio-agresseur, évalués à des stades clés du développement de l'arbre. Les résultats de ces notations sont présentés graphiquement par type de bio-agresseur. Ces représentations ne se prêtent pas à une lecture globale et récapitulative de la pression sanitaire subie par chaque SdC. Les résultats de ces notations sont également complexes à mettre en parallèle avec les résultats des indicateurs. L'idée est donc de proposer, à partir de ces notations, un indicateur rendant compte de la maîtrise des bio-agresseurs sur la parcelle, autant sur l'impact immédiat à la récolte que sur la gestion des inocula pour la campagne suivante. Cet indicateur se calcule à l'échelle de la parcelle et annuellement.

2. Méthodologie de la construction de l'indicateur

Cet indicateur prend en compte les notations effectuées en juin, juillet et à la récolte. Les principaux bio-agresseurs en verger de pommiers sont étudiés sur les fruits et les pousses : la tavelure, les carpocapses et les tordeuses, les pucerons cendrés et aussi les pucerons lanigères. Pour les SdC en variété RT à la tavelure, seule une surveillance est mise en place pour repérer d'éventuels contournements de la résistance. A noter, à La Morinière sur le SdC AB 2, la résistance de la variété Ariane a été contournée, une notation tavelure a donc été effectuée.

A partir des seuils d'intervention précisés dans les Règles De Décision (RDD) des SdC notamment, et de limites de dégâts économiques, des seuils sont fixés pour chaque bio-agresseur et pour un type d'organe spécifique (fruits ou pousses) (Figure 10).

Ensuite pour compiler l'ensemble des données de notations sur les différents bio-agresseurs et obtenir une note finale pour cet indicateur, on procède selon la RDD suivante :

- **Maîtrise insuffisante** : Un seuil est dépassé sur les fruits pour au moins 1 bio-agresseur qu'il y ait, ou pas, des bio-agresseurs sur pousses,
- **Maîtrise moyenne** : Aucun seuil n'est dépassé sur les fruits mais un seuil est dépassé sur pousses pour au moins 1 bio-agresseur,
- **Bonne maîtrise** : Aucun bio-agresseur n'est présent sur le verger ou aucun seuil dépassé sur fruits ni sur pousses.

A partir de cette RDD, les notes qualitatives de l'indicateur « Etat sanitaire du verger » pour les deux campagnes, 2013 et 2014, ont été obtenues (Tableau 4).

3. Résultats

Pour 3 SdC (CEFEL BASE 2, CEFEL ECOPHYTO 1, Invenio ECOPHYTO 1), la maîtrise des bio-agresseurs, pour 2013 et 2014, est insuffisante. Pour le CEFEL BASE 2, il y a eu des dégâts sur fruits par les carpocapses et tordeuses pour les deux années. Pour le CEFEL ECOPHYTO 1, il y a eu des dégâts sur fruits et pousses en 2013, causés par la tavelure. Puis, pour 2014, il y a eu des dégâts de tavelure sur fruits et de pucerons lanigères sur pousses. Pour Invenio ECOPHYTO 1, il y a eu des dégâts de tavelure sur fruits et pousses pour les deux années sur les deux types d'organes (Annexe 7). Les stratégies mises en place sur ces SdC ne semblent donc pas convenir pour obtenir un bon état sanitaire du verger et de la production. Pour le site du CEFEL, le SdC BASE 2 n'a pas permis une maîtrise satisfaisante des bio-agresseurs, cependant, sur le SdC ECOPHYTO 2, la maîtrise est bonne. Dans ce cas, le levier technique supplémentaire, mis en place par rapport au SdC BASE 2, est un filet Alt'Carpo.

Leviers de niveau E	Leviers de niveau S	Leviers de niveau R
Adaptation des doses et volumes de bouillies	Confusion sexuelle	Bâche anti-pluie
Traitement par aspersion	Eclaircissage mécanique privilégié	Filet Alt' Carpo
Utilisation de modèles	Entretien du sol non chimique	Variété résistante
	Prophylaxie	
	Produits de BC avec micro-organismes	
	Lâchers d'auxiliaires	

Figure 11 : Classement des leviers techniques mobilisés sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme selon le cadre de lecture de Hill et MacRae: Efficience-Substitution-Reconception (Hill S. B., MacRae R. J., 1996).

Alt Carpo. Celui-ci semble donc avoir eu une action efficace pour limiter les dégâts liés aux carpocapses et aux tordeuses.

Pour 5 SdC (CEHM BASE 1, CEFEL BASE 1, CEHM ECOPHYTO AB, Ctifl ECOPHYTO 2 et La Morinière ECOPHYTO 1), il n'est pas possible, avec seulement deux campagnes, d'indiquer si c'est la stratégie qui ne permet pas la maîtrise des bio-agresseurs ou si c'est un « accident de parcours » sur une campagne.

La mise en parallèle de plusieurs campagnes de production (à terme 6 campagnes pour le projet) permet de voir si l'état sanitaire est constant, amélioré ou dégradé, donc si le SdC mis en place permet la maîtrise de la pression de bio-agresseurs durable. Cela permet aussi de constater s'il y a eu un problème sanitaire ponctuel sur le verger suite à des conditions climatiques particulières ou à un changement dans l'ITK, par exemple.

B. Typologie Efficience-Substitution-Reconception (ESR) des SdC

L'idée proposée est de regrouper les différents SdC selon les leviers mobilisés pour obtenir un cadre de lecture pour l'analyse des résultats d'évaluations sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme. Tous les SdC, qu'ils soient la référence du site (BASE 1) ou les SdC visant la réduction de l'usage de pesticides (BASE 2, ECOPHYTO/AB), seront catégorisés.

1. Caractérisation des leviers techniques

Ce cadre de lecture se présente sous la forme d'une typologie des SdC basée sur le type de leviers techniques mobilisés. Le classement des leviers est issu de la grille d'analyse des pratiques agricoles de Hill et Mac Rae de 1996 (Hill S. B., MacRae R. J., 1996). Ces auteurs présentent 3 catégories de pratiques agricoles :

- L'**Efficienc**e (**E**) : optimisation des outils et des intrants déjà existants et utilisés. Sont pris en compte toutes les pratiques liées à la pulvérisation de précision permettant de réduire les volumes de produits phytosanitaires mais aussi les modèles de prévisions des épidémies.
- La **Substitution** (**S**) : limitation des pesticides en utilisant des produits de BC, comme les micro-organismes ou les macro-auxiliaires, ou d'autres méthodes alternatives comme le désherbage mécanique.
- La **Reconception** (**R**) : pratiques demandant de repenser le SdC. Le type de verger et sa conduite peuvent alors être totalement modifiés pour repenser les modes d'action contre les bio-agresseurs et la configuration du verger.

Les 12 leviers techniques mobilisés sur le réseau (Tableau 2) ont donc été classés selon ces 3 catégories à partir de la bibliographie (Simon S. *et al.*, 2014) et à dire d'experts (Figure 11).

L'utilisation du modèle RIMPro® pour prévoir les contaminations par la tavelure et l'adaptation des doses et volumes de bouillies correspondent bien à des moyens techniques pour optimiser l'utilisation des pesticides. En effet, avec le modèle, il est possible d'évaluer le risque potentiel des contaminations par la tavelure pour bénéficier au mieux de l'efficacité du produit. Le second levier permet de limiter les doses de pesticides appliquées par rapport aux doses conseillées en prenant en compte le volume de végétation.

Le traitement par aspersion classé dans la catégorie Efficience n'est pas encore homologué en France pour les traitements phytosanitaires. Cette technique permet de limiter la dérive liée à l'application de pesticides mais aussi de positionner les traitements au plus proche des contaminations potentielles de tavelure (Verpont F., Favareille J., 2015).

La bâche anti-pluie demande une reconception du SdC car elle modifie la conduite du verger : le microenvironnement créé par sa présence demande des réajustements d'autres paramètres, comme l'irrigation.

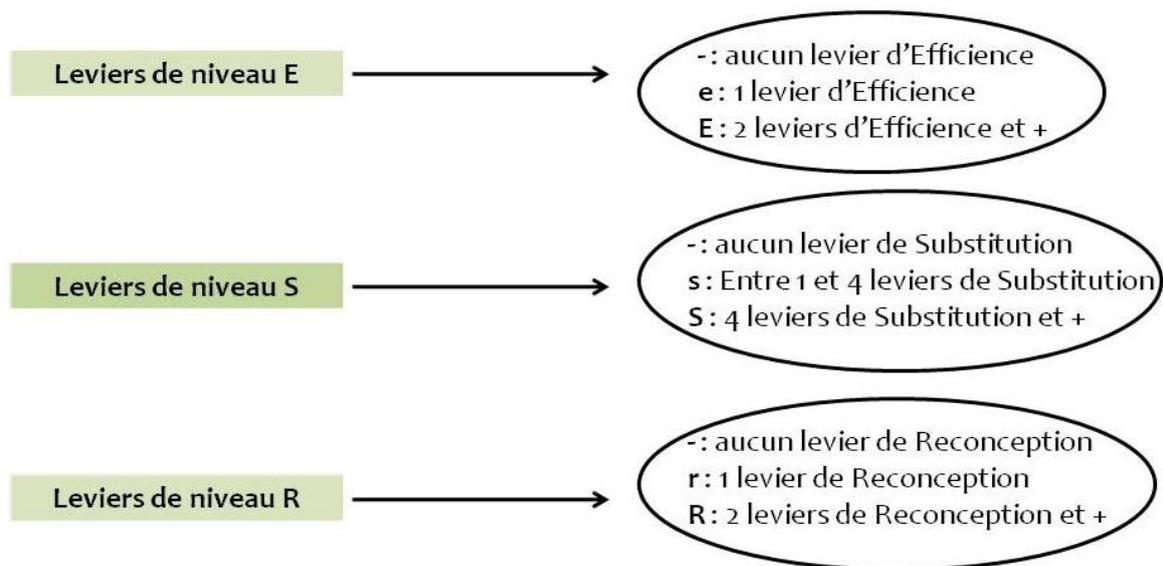


Figure 12 : Schéma de la méthode d'attribution du code à lettres pour la proposition de typologie Efficience-Substitution-Reconception à partir du type de leviers mobilisés sur les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Tableau 5 : Proposition de groupes de SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme issue de l'application de la typologie des pratiques agricoles de Hill et Mac Rae (Hill S. B., MacRae R. J., 1996).

Groupe ES	Groupe R1	Groupe R2
CEHM BASE 1	CEHM BASE AB 2	CEHM AB 2
Ctifl BASE 1	CEHM ECOPHYTO 1	Ctifl ECOPHYTO 1
CEFEL BASE 1	Ctifl BASE 2	Ctifl ECOPHYTO 2
Invenio BASE 1	Ctifl ECOPHYTO 1bis	CEFEL ECOPHYTO 2
La Pugère BASE 1	CEFEL BASE 2	La Pugère ECOPHYTO 2
La Morinière BASE 1	CEFEL ECOPHYTO 1	La Morinière AB 2
La Morinière ECOPHYTO 1	Invenio ECOPHYTO 1	La Morinière ECOPHYTO 2'
	La Pugère ECOPHYTO 1	
	La Morinière BASE 2	
	La Morinière ECOPHYTO 2	

Tout comme le filet Alt' Carpo (anti- carpocapse), la bâche anti-pluie (anti-tavelure) demande une vigilance accrue vis-à-vis des autres bio-agresseurs. En effet, dans ce microenvironnement, les interactions écosystémiques peuvent être modifiées, avec la libération de niches écologiques occupées préalablement par la tavelure ou le carpocapse pour un autre bio-agresseur.

Le levier variétal, classé ici dans la catégorie Reconception, a été très difficile à caractériser. En effet, pour certains le choix variétal est un moyen technique de substitution (Ricci P. *et al.*, 2011) permettant de limiter les traitements si la variété est résistante. Mais dans le cas de cultures pérennes, le choix a été fait de le classer comme un levier de Reconception. En effet, en arboriculture, il est impossible de jouer sur le choix de variétés annuellement et selon la variété, la conduite du verger peut être différente (forme de l'arbre, densité, suivi).

2. Classification des SdC selon ESR

Pour classer les SdC, le principe consiste à attribuer un code avec des lettres, minuscules ou majuscules, à chaque SdC en fonction de la catégorie et du nombre de leviers mobilisés (Dupriez M., 2012).

Si l'on s'intéresse aux leviers de catégorie Efficience, on peut attribuer au SdC soit :

- Un E majuscule si ce SdC mobilise 2 ou plus de leviers d'Efficience,
- Un e minuscule si ce SdC mobilise 1 seul levier d'Efficience,
- Aucune lettre si aucun levier d'Efficience n'est mobilisé.

On procède de la même manière pour les leviers des catégories S et R (Figure 12). Le seuil est différent pour la catégorie Substitution car il faut que plus de 50% des leviers d'un même type soit mis en place sur le SdC pour attribuer une majuscule. En effet, sur le réseau, 3 leviers d'Efficience et 3 leviers de Reconception (Figure 11) sont mobilisés au maximum. Le seuil d'attribution d'une lettre majuscule, E ou R, est donc fixé à « au moins 2 leviers mobilisés ». Pour la catégorie Substitution, ce seuil est plus élevé car il y a 6 leviers de Substitution mobilisables. Le seuil d'attribution d'une lettre majuscule S est donc fixé à 4 ou plus de leviers mis en place.

Suite à cette opération, on obtient donc, pour chaque SdC, un code à 1, 2 ou 3 lettres, de type « E », « eSr », « es », « EsR », par exemple, selon les moyens techniques utilisés sur le SdC (Annexe 8). Ce code permet d'informer sur le type de stratégie privilégiée sur le SdC en fonction de la ou des lettres majuscules présentes dans le code. Une fois ces codes obtenus, l'objectif de la typologie est de rassembler les SdC par groupe en fonction de leur catégorie de pratiques agricoles. La RDD proposée est axée sur les SdC mobilisant des leviers de Reconception. En effet, les travaux d'Ecophyto, utilisant le cadre de lecture ESR, et les publications de certains auteurs montrent que pour atteindre une réduction de 50% de l'usage des pesticides, il faut aller vers une reconception des SdC (Butault J-P. *et al.*, 2010 ; Ricci P. *et al.*, 2011).

La RDD choisie permet d'aboutir à 3 groupes pour les SdC du réseau (Tableau 5) :

- Le **groupe Efficience-Substitution (ES)** : Aucun levier de Reconception n'est mis en place en plus de leviers d'Efficience et/ou de Substitution (aucun r ou R dans le code),
- Le **groupe Reconception de niveau 1 (R1)** : 1 levier de Reconception est mobilisé en plus de leviers d'Efficience et/ou de Substitution (r dans le code),
- Le **groupe Reconception de niveau 2 (R2)** : 2 ou 3 leviers de Reconception sont mis en place, en plus de leviers d'Efficience et/ou de Substitution (R dans le code du SdC).

Les groupes formés semblent cohérents au vue des connaissances dont on dispose sur les SdC. En effet, par exemple, on ne retrouve pas de SdC BASE 2 en variété RT dans le groupe ES. Ce groupe est celui que l'on peut considérer comme le moins innovant en matière de réduction de l'usage des pesticides et celui qui s'approche le plus des pratiques actuelles des producteurs. Le fait de ne pas retrouver de SdC en variété RT dans ce groupe est donc positif car c'est un levier très innovant, catégorisé en Reconception.

IFT_{total} hors NODU Vert¹	> 40	entre 40 et 24	< 24
Rendement¹ (t/ha)	< 30	entre 30 et 70	> 70
Coût des intrants pour la protection du verger¹ (€/ha)	> 1500	entre 1000 et 1500	< 1000
Charges mécanisation² (€/ha)	> 865	entre 722 et 865	< 722
Temps de travaux¹ (h/ha)	> 1000	entre 1000 et 500	< 500
I-Phy³	> 3		< 3

¹ : source outil DEXiFruits, ² : quartiles sur les données du réseau national Expé Ecophyto Pomme 2013-2014, ³ : seuil de l'indicateur

Figure 13 : Référentiel proposé pour la construction d'un tableau de bord des résultats d'indicateurs pour le réseau national Expé Ecophyto Pomme.

C. Evaluation des SdC à l'aide d'indicateurs non agrégés

1. Un référentiel pour interpréter les indicateurs

Pour situer les résultats des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme, un référentiel d'interprétation des indicateurs est proposé. Pour chaque indicateur, des seuils ont été fixés. Les seuils choisis sont issus de la consultation d'experts via les résultats d'une enquête, de l'outil DEXiFruits et des données du réseau (Figure 13). Ces seuils permettent de former des classes, représentées par un code couleur :

- rouge : résultat insuffisant,
- orange : résultat moyen,
- vert : résultat satisfaisant.

Ce code couleur a pour objectif de faciliter la lisibilité des résultats mais également la communication auprès des acteurs de la filière.

2. Evaluation des SdC par groupe de la typologie ESR

• Méthodologie

Pour classer les SdC, une première analyse entre les 3 groupes de la typologie ESR est proposée. Une moyenne des résultats, de 2013 et 2014, des SdC d'un même groupe est réalisée pour chacun des indicateurs. Ici, on dispose des données sur seulement 2 années, cela peut donc paraître peu judicieux d'effectuer une moyenne sur ces résultats. Cependant, cette proposition méthodologique a pour objectif d'être appliquée pour les 6 années du projet.

Les écarts-types sont calculés pour chaque groupe de SdC et chaque indicateur.

La moyenne obtenue pour chaque groupe pour un indicateur donné est ensuite caractérisée grâce au référentiel proposé précédemment.

• Résultats

Les résultats analysés ci-après sont présentés par la Figure 14.

IFT_{total} hors NODU Vert

Le groupe R2 a la valeur moyenne d'IFT_{total} hors NODU Vert la plus basse (12,7). De plus, cette valeur est considérée comme un résultat satisfaisant d'après les classes de l'indicateur. Les groupes ES et R1 ont des valeurs d'IFT_{total} hors NODU Vert jugées moyennes d'après le référentiel.

I-Phy_{arbo}

Les trois groupes ont globalement des moyennes proches. Aucun des trois groupes ne se situe en dessous de la limite acceptable par la société de l'indicateur, à savoir 3.

Coût des intrants pour la protection du verger (coût i. protection)

C'est le groupe R1 qui a la valeur moyenne la plus faible (1 368 €/ha) pour cet indicateur mais cette valeur est classée comme moyenne d'après le référentiel. Pour les deux autres groupes, les résultats de cet indicateur sont jugés comme insuffisants d'après la référence. On remarque également que l'écart-type autour de la moyenne du groupe R2 est très important. En effet, les valeurs de cet indicateur sont très variables à l'intérieur de ce groupe : en 2014, le SdC La Pugère ECOPHYTO 2 avait un coût i. protection de 506 €/ha et le SdC Ctifl ECOPHYTO 1 de 3 019 €/ha.

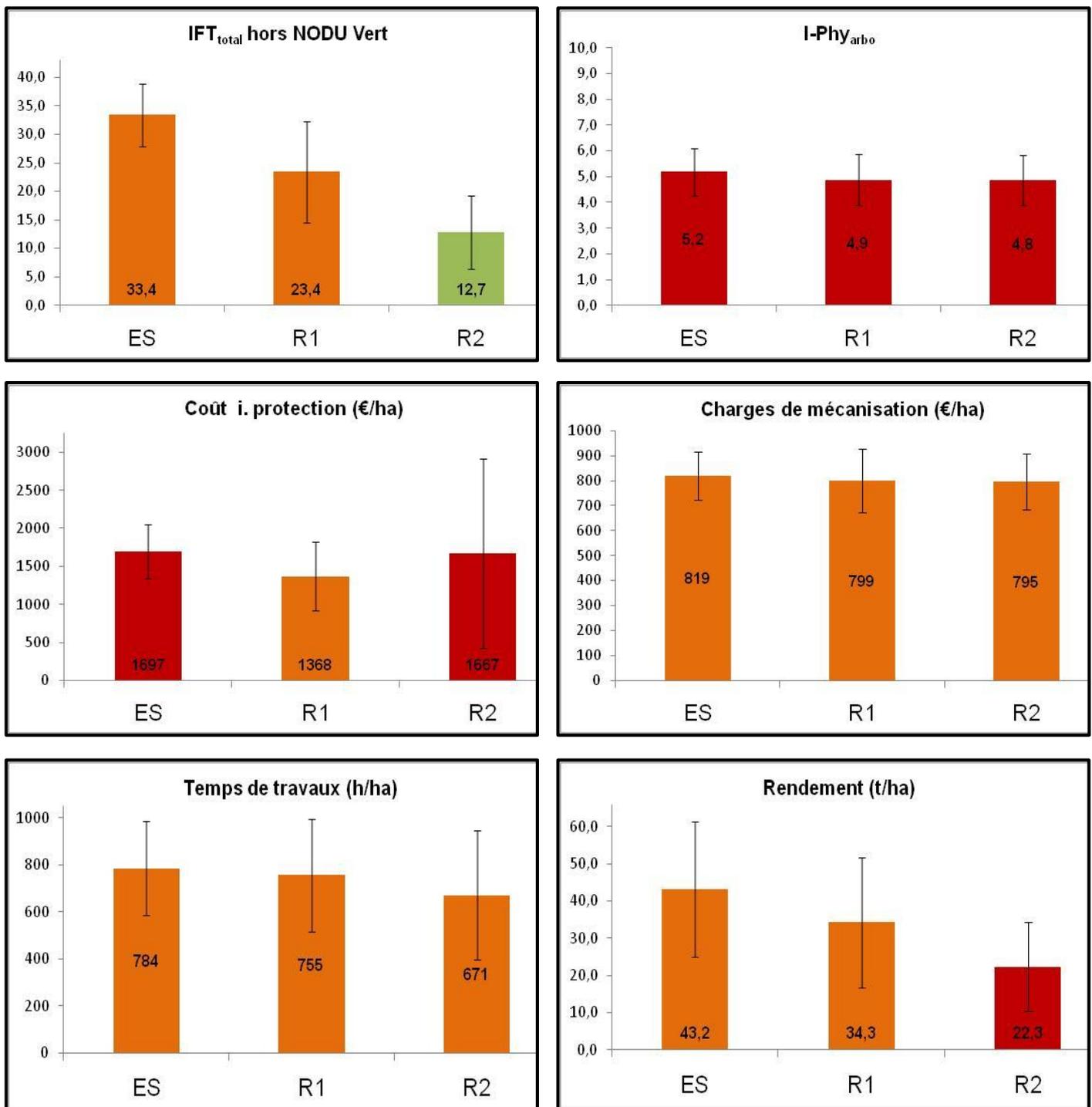


Figure 14 : Résultats par groupe de la typologie ESR (ES, R1 et R2) pour les indicateurs IFT_{total} hors NODU Vert, I-Phy_{arbo}, coût i. protection (€/ha), charges de mécanisation (€/ha), temps de travaux (h/ha) et rendement (t/ha) (moyenne des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme sur 2013 et 2014).

Charges de mécanisation

Les trois groupes ont des moyennes et des écarts-types proches. Aucun groupe ne se détache des autres. Les résultats de cet indicateur sont considérés comme moyen d'après le référentiel.

Temps de travaux

Le groupe R2 a la valeur moyenne la plus faible (671 h/ha) mais les trois groupes ont des résultats classés comme moyen d'après la référence et les écarts-types des groupes se recourent.

Rendement

Le groupe ES a la valeur de rendement la plus forte. Aucun groupe ne présente de résultats jugés satisfaisants d'après le référentiel, ils sont même insuffisants pour le groupe R2.

Notons que, par rapport aux objectifs de réduction de d'IFT_{total} hors NODU Vert, dans le groupe R2, sur 7 SdC, 2 SdC en 2014 et 1 seul en 2013, n'ont pas atteint les objectifs de réduction d'IFT_{total} hors NODU Vert fixés par le projet (Annexe 9). Dans le groupe R1, sur un total de dix SdC, 3 SdC en 2013 et 5 en 2014, ne l'ont également pas atteint. Pour le groupe ES, le seul SdC avec un objectif de réduction (les autres étant les SdC BASE 1, références du réseau) n'a pas atteint l'objectif fixé par le projet en 2014

D'autre part, les 3 SdC qui ont un état sanitaire non satisfaisant les deux années d'étude se situent aussi dans les groupes R1 et R2.

En conclusion, à partir des résultats de 2013 et 2014, il est difficile de déterminer le groupe de la typologie ESR le plus performant pour les indicateurs calculés.

3. Evaluation des SdC au sein des groupes ESR

• Méthodologie

Pour aller plus loin dans le classement des SdC, l'idée proposée est la construction d'un tableau de bord de pastilles de couleur en fonction des résultats d'indicateurs pour chaque SdC (Figure 15). L'analyse de ces tableaux de bord se fait à l'intérieur de chaque groupe de la typologie pour comparer des SdC mettant en place le même type de stratégie. Pour classer les SdC, c'est le nombre de pastilles vertes qui est d'abord pris en compte puis c'est le nombre de pastilles rouges qui départage les SdC.

• Résultats

Groupe ES

Le SdC CEHM BASE 1, avec un indicateur jugé satisfaisant et seulement un indicateur jugé insuffisant par le référentiel, est le SdC le plus performant du groupe. Malgré tout, en 2013, la stratégie mise en place sur ce SdC a permis d'atteindre un degré de maîtrise de l'état sanitaire du verger seulement moyen (Tableau 4).

La Morinière BASE 1 semble être le SdC le moins performant du groupe avec 4 indicateurs considérés insatisfaisants par rapport aux références. Bien qu'en 2013, sur ce SdC, la maîtrise de l'état sanitaire du verger était jugée insuffisante sur ce SdC, en 2014, la stratégie a tout de même permis de bien le maîtriser.

Groupe R1

Avec 4 indicateurs jugés satisfaisants sur 6, le SdC La Pugère ECOPHYTO 1 est le plus performant du groupe. De plus, pour les deux années, le SdC a atteint l'objectif de réduction d'IFT_{total} hors NODU Vert fixé par le projet et a obtenu une bonne maîtrise de l'état sanitaire du verger. Malgré tout, le rendement de ce SdC est considéré comme insuffisant par rapport à la référence proposée, mais il s'agit d'un jeune verger.

Groupe ES

	<i>IFT_{total} hors NODU vert</i>	<i>I-Phy</i>	<i>Coût i. protection</i>	<i>Charges de mécanisation</i>	<i>Temps de travaux</i>	<i>Rendement</i>
CEHM BASE 1	●	●	●	●	●	●
Invenio BASE 1	●	●	●	●	●	●
La Pugère BASE 1	●	●	●	●	●	●
Ctifl BASE 1	●	●	●	●	●	●
CEFEL BASE 1	●	●	●	●	●	●
La Morinière ECOPHYTO 1	●	●	●	●	●	●
La Morinière BASE 1	●	●	●	●	●	●

Groupe R1

	<i>IFT_{total} hors NODU vert</i>	<i>I-Phy</i>	<i>Coût i. protection</i>	<i>Charges de mécanisation</i>	<i>Temps de travaux</i>	<i>Rendement</i>
La Pugère ECOPHYTO 1	●	●	●	●	●	●
CEHM ECOPHYTO 1	●	●	●	●	●	●
CEHM AB 2	●	●	●	●	●	●
Ctifl BASE 2	●	●	●	●	●	●
CEFEL BASE 2	●	●	●	●	●	●
La Morinière ECOPHYTO 2	●	●	●	●	●	●
La Morinière BASE 2	●	●	●	●	●	●
Ctifl ECOPHYTO 1bis	●	●	●	●	●	●
CEFEL ECOPHYTO 1	●	●	●	●	●	●
Invenio ECOPHYTO 1	●	●	●	●	●	●

Groupe R2

	<i>IFT_{total} hors NODU vert</i>	<i>I-Phy</i>	<i>Coût i. protection</i>	<i>Charges de mécanisation</i>	<i>Temps de travaux</i>	<i>Rendement</i>
La Pugère ECOPHYTO 2	●	●	●	●	●	●
CEHM AB 2	●	●	●	●	●	●
Ctifl ECOPHYTO 1	●	●	●	●	●	●
Ctifl ECOPHYTO 2	●	●	●	●	●	●
CEFEL ECOPHYTO 2	●	●	●	●	●	●
La Morinière ECOPHYTO 2'	●	●	●	●	●	●
La Morinière AB 2	●	●	●	●	●	●

Figure 15 : Tableaux de bord des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme (moyenne des résultats de 2013 et 2014).

Les SdC CEFEL ECOPHYTO 1 et Invenio ECOPHYTO 1 sont considérés comme les moins performants du groupe avec 3 résultats d'indicateurs jugés insuffisants et aucun considéré comme satisfaisant. L'objectif de réduction d'IFT_{total} hors NODU Vert n'a pas été atteint pour le CEFEL ECOPHYTO 1 en 2013 et pour les 2 SdC en 2014. De plus, ces deux SdC n'ont pas su maîtriser l'état sanitaire du verger pour les deux campagnes de production.

Groupe R2

Le SdC La Pugère ECOPHYTO 2, avec 4 indicateurs jugés satisfaisants par le référentiel, est le SdC le plus performant du groupe. Même si pour les deux années la maîtrise de l'état sanitaire a été bonne et les objectifs de réduction d'IFT_{total} hors NODU Vert, les résultats de ce SdC sont à nuancer car le rendement obtenu par le SdC n'est pas satisfaisant par rapport au référentiel proposé, mais comme les autres SdC du site, il s'agit d'un jeune verger.

Avec 3 indicateurs jugés comme insuffisants et un seul jugé comme satisfaisant, le SdC La Morinière AB 2 est considéré comme le moins performant du groupe. Pour ce SdC, l'objectif de réduction n'a été atteint pour aucune des deux campagnes, de même que la maîtrise de l'état sanitaire du verger n'a jamais été jugé comme satisfaisante pour ce SdC. La raison principale est que le site se situe en situation de contournement de la résistance à la tavelure.

D. Evaluation des SdC avec DEXiFruits

1. Evaluation de la durabilité globale des SdC

Grâce à l'outil DEXiFruits, les notes de durabilité globale des SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme sont obtenues. Les notes de durabilité globale peuvent aller de 1 (durabilité très faible) à 7 (durabilité très élevée). Le « système type » a une note de durabilité globale de 4/7.

Pour le réseau, ces notes sont comprises entre 1 et 6. Il y a 4 SdC qui obtiennent la note de 1 : Invenio ECOPHYTO 1, La Morinière BASE 1, ECOPHYTO 1 et CEFEL BASE 1. La note la plus élevée est détenue par deux SdC du même site : CEHM BASE 1 et CEHM ECOPHYTO 1. Pour les 3 groupes ESR, ce sont des SdC du site CEHM qui sont les plus durables. Globalement, les notes sont tout de même assez basses pour le réseau.

Si l'on regroupe les résultats de durabilité globale par groupe ESR, on constate une grande variabilité des notes à l'intérieur de ceux-ci (Figure 16).

De plus, il y a seulement 1 SdC du groupe ES, 2 du groupe R1 et un seul du groupe R2 qui sont au dessus de la note de durabilité globale du « système type », qui sert de référence nationale.

Pour axer l'évaluation de durabilité globale sur les pratiques de chacun des SdC, un essai de « décontextualisation » a été réalisé. Il s'agit pour cela de sélectionner les paramètres du « système type » pour tous les critères d'entrée liés aux éléments du contexte agro-environnemental. Ce changement n'a affecté que deux SdC (CEHM BASE 1 et CEHM ECOPHYTO 1), en abaissant leur note de durabilité globale d'un point.

2. Interprétation de la durabilité globale des SdC

Pour expliquer ces notes de durabilité globale, il est nécessaire d'étudier les évaluations obtenues aux différents niveaux d'agrégation de l'arbre hiérarchique.

- **Méthodologie**

Seuls 8 SdC sont retenus pour cette étude. Ils ont été sélectionnés car ce sont des SdC « extrêmes » au niveau des notes de durabilité globale dans chacun des 3 groupes de la typologie ESR. Pour le groupe ES, les SdC CEHM BASE 1, CEFEL BASE 1 et La Morinière BASE 1 ont été retenus.

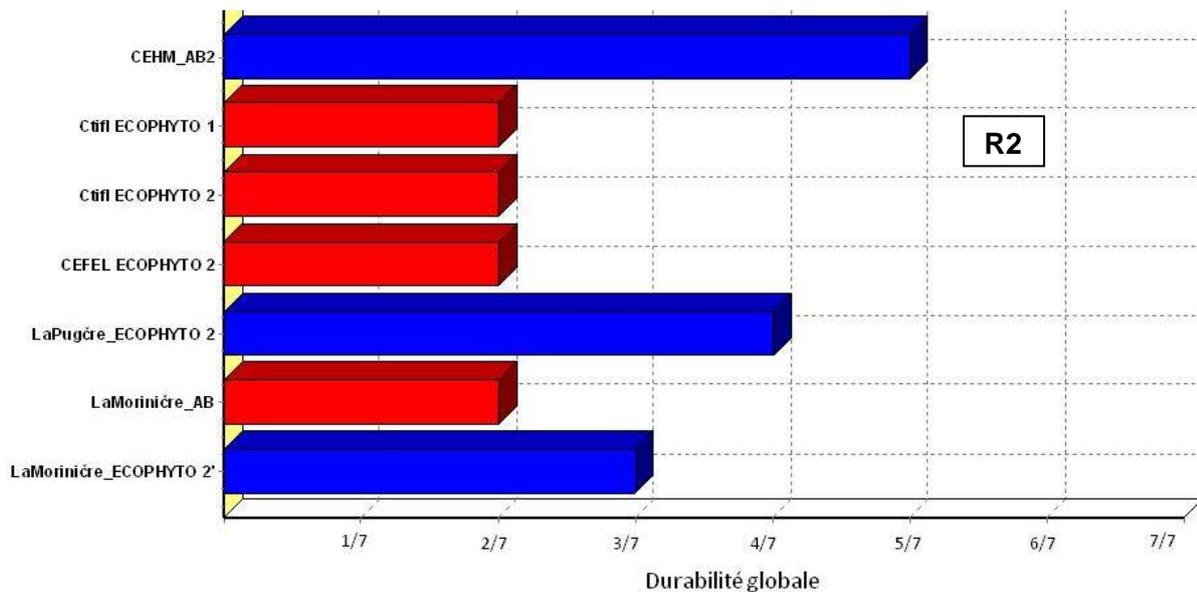
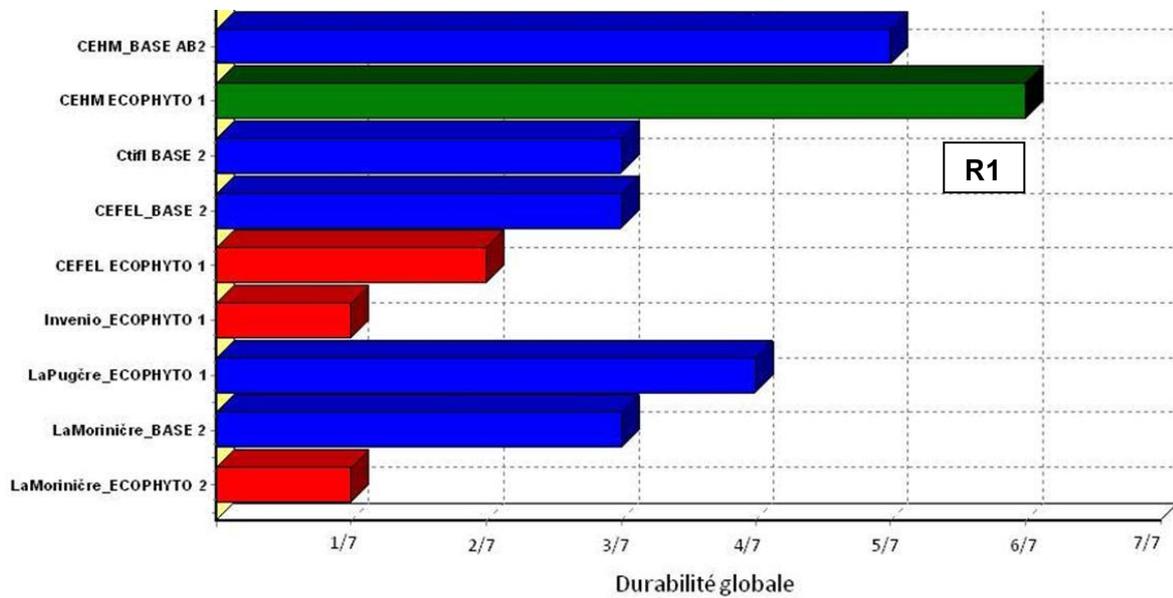
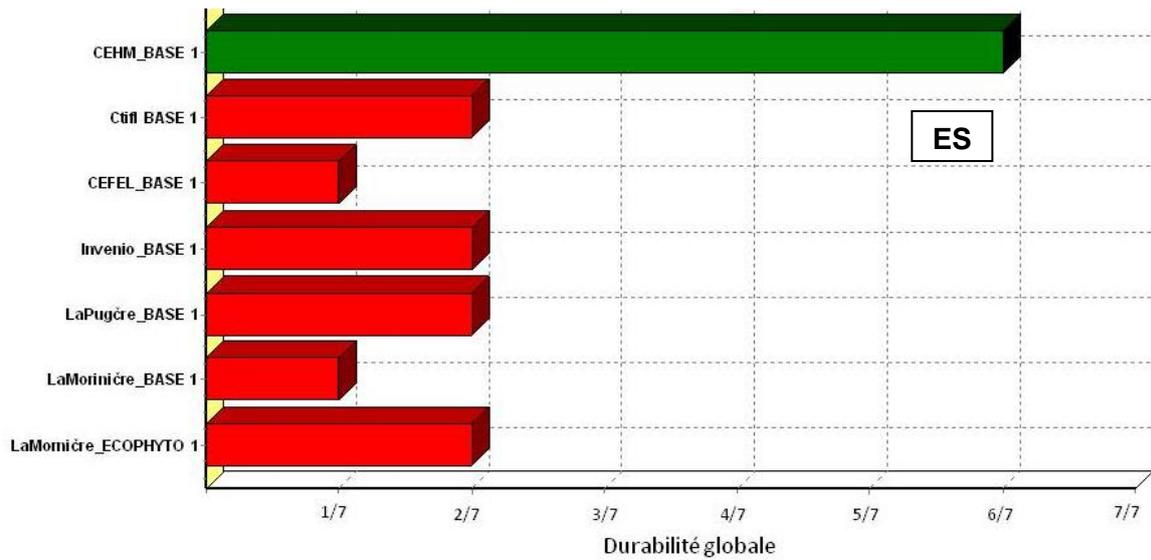


Figure 16 : Notes de durabilité globale de DEXiFruits obtenues pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Pour le groupe R1, il s'agit du CEHM ECOPHYTO 1 et d'Invenio ECOPHYTO 1. Enfin pour le groupe R2, les SdC CEHM AB 2, La Pugère ECOPHYTO 2 et Ctifl ECOPHYTO 1 ont été retenus. A l'avenir, il faudrait réaliser cette étude sur l'ensemble des 24 SdC.

Seuls les critères d'entrée spécifiques des SdC ont été étudiés, 35 au total (Tableau 3). Parmi ces critères, 4 (Pression foncière, Importance et connectivité des habitats semi-naturels, Mosaïque des cultures du paysage et Disponibilité locale en eau) évaluent le contexte « subi » du SdC. Ils ne seront pas étudiés car l'idée est de se focaliser sur les pratiques. Pour 14 critères, tous les SdC obtiennent la même note (performante ou pas). L'étude s'est portée sur les autres critères (21 au total), ceux dont la note diffère entre les 8 SdC retenus. En effet, le but était d'identifier les caractéristiques communes (bonnes ou mauvaises) des SdC d'un même groupe (ES, R1 ou R2).

- **Résultats**

SdC du groupe ES

Les critères d'entrée peu performants, et communs aux 3 SdC retenus, sont liés au rendement faible et à une valeur de la production faible mais aussi à l'irrigation tant au niveau du matériel que de la consommation en eau. Cependant, ces SdC sont bien notés pour la présence d'habitats artificiels (ex : nichoirs, perchoirs), le travail mécanique sur le rang (peu d'opérations réalisées) et le besoin en équipement qui est peu coûteux et facilement mobilisable.

SdC du groupe R1

Les thématiques liées à l'absence d'implantation de bandes fleuries et au besoin en équipements spécifiques sur le verger sont peu performantes. La valeur de la production est aussi un critère peu performant. La présence d'habitats artificiels, l'IFT_{total}, le temps de travail, l'utilisation des machines (peu de passages) et la maîtrise du pH (bonne connaissance du sol et peu d'opérations de chaulage) sont des critères bien notés.

SdC du groupe R2

On retrouve comme critères peu performants, et communs aux 3 SdC retenus, les mêmes que pour le groupe R1 avec, en plus, les critères d'entrée liés au matériel d'irrigation et au rendement. Pour les 3 SdC de ce groupe, l'IFT_{total} hors NODU Vert, le coût de la protection phytosanitaire sont bien notés.

Pour les groupes R1 et R2, le besoin en équipement est très spécifique (filet Alt'Carpo par exemple) ce qui implique des difficultés pour se procurer ce genre de matériel mais aussi des difficultés économiques pour les financer d'après la définition de DEXiFruits.

Il est difficile de conclure sur des caractéristiques communes des SdC par groupe de la typologie ESR. En effet, les notes des critères d'entrée sont assez hétérogènes à l'intérieur d'un groupe. Cette hétérogénéité peut déjà se constater au niveau des notes de durabilité globale.

3. Poids des critères d'entrée

Pour aller plus loin et mieux comprendre la « construction » de la note de durabilité globale de l'outil DEXiFruits, un index de prépondérance a été calculé pour chaque critère d'entrée qui différait entre les 8 SdC retenus. Cet index correspond en quelque sorte à l'importance que peut avoir un critère d'entrée dans l'arbre hiérarchique, c'est-à-dire le poids de ce critère dans la construction de la note finale de durabilité. Pour l'obtenir, il s'agit de repérer le nombre de fois qu'un critère d'entrée sera cité dans l'arbre hiérarchique et à quel niveau de l'arbre (pour DEXiFruits, il y a 11 niveaux d'agrégation). Plus l'index de prépondérance d'un critère sera élevé et plus ce critère aura contribué à la note de durabilité globale.

Cette démarche permet de trier les 21 critères d'entrée de l'outil DEXiFruits pour se focaliser sur ceux qui expliquent le mieux la note finale.

Les trois premiers critères d'entrée avec l'index de prépondérance le plus élevé sont les critères d'entrée :

- IFT_{total} hors NODU Vert (35),
- Valeur de la production (15),
- Utilisation des machines, à savoir le nombre de passages mécanisés sur le SdC (14).

Un SdC dont l'IFT_{total} hors NODU Vert sera classé comme « très élevé » aura donc « peu de chances » d'obtenir une bonne note de durabilité globale.

Les critères d'entrée liés à l'irrigation (consommation en eau et matériel) que l'on avait repérés précédemment sont donc à prendre en compte dans un deuxième temps dans l'étude de la note de durabilité globale par rapport au critère « valeur de la production », par exemple. En effet, ils ont un indice de prépondérance faible (3 et 3,6 respectivement) par rapport à celui des 3 premiers critères repérés.

IV. Discussion

A. Validation de la typologie ESR des SdC

Les 3 groupes ES, R1 et R2 proposés correspondent à l'appréciation des niveaux de reconception que les experts pouvaient se faire, *a priori*, sur les SdC. La consultation d'experts en arboriculture confortera, d'une part, le classement des leviers selon les différentes catégories et, d'autre part, la RDD axée sur la Reconception pour le classement des SdC dans le cas du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Le classement des leviers par type ESR pourrait servir pour caractériser d'autres SdC testés en arboriculture. Cependant, la catégorisation de certains leviers est discutable, par exemple, le classement du levier « Eclaircissage mécanique ». On pourrait considérer l'éclaircissage mécanique comme un levier de Reconception. En effet, l'application de ce levier suppose un verger en haie fruitière si l'on souhaite utiliser un engin mécanique pour le faire (exemple de la machine Darwin®), ce qui induit donc une reconception du verger. Ici, le choix a été fait de le placer dans la catégorie Substitution car il peut être aussi réalisé manuellement sans obligation particulière dans les caractéristiques du verger.

La méthode de classement des SdC avec la RDD est liée à ce qu'on l'on veut mettre en avant dans les groupes et serait donc spécifique des objectifs des évaluations.

La RDD pourrait, avec une étude bibliographique approfondie, nuancer les seuils d'attribution des lettres non pas en fonction du nombre total de leviers d'un même type mobilisés sur le réseau mais en fonction du nombre de leviers pertinents d'une même catégorie mis en place sur chaque SdC en fonction des bio-agresseurs présents sur le site d'expérimentation. Par exemple, un filet Alt'Carpo est bien plus pertinent au CEHM où la pression de ce bio-agresseur est forte qu'à La Morinière.

B. Pertinence des indicateurs utilisés

1. Validation de l'indicateur « Etat sanitaire du verger »

La proposition d'indicateur « Etat sanitaire du verger » a été présentée aux partenaires du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour vérifier la cohérence de la note attribuée à leur SdC avec leur état sanitaire pour ces campagnes. Cette consultation ne permet pas de valider l'indicateur mais déjà d'avoir un premier avis d'experts sur les seuils choisis et la RDD proposée. Cet indicateur sera calculé pour les campagnes d'étude suivantes.

A l'avenir, pour essayer d'aller plus loin dans le développement de cet indicateur, il faudrait inclure d'autres bio-agresseurs qui, selon la région, peuvent aussi être très pénalisants pour l'état sanitaire du verger. Par exemple, l'oïdium est très présent sur le site expérimental du CEHM, mais n'est pas pris en compte dans le calcul de cet indicateur.

2. I-Phy_{arbo}, un indicateur adapté pour le réseau ?

L'indice chiffré donné par I-Phy_{arbo} est indicatif et difficile à interpréter. Lors du calcul d'I-Phy_{arbo}, il est possible d'identifier la substance active qui a le plus impacté la note de l'indicateur. Cette donnée serait intéressante à valoriser pour améliorer les résultats des SdC pour la note I-Phy_{arbo} en limitant l'application de cette substance. Ce serait dans ce cas un outil d'aide à la décision des produits du programme de traitement.

3. Les valeurs de référence pour les indicateurs

L'élaboration des seuils pour la formation des classes de chaque indicateur, pour établir le code couleur des tableaux de bord, a été réalisée principalement à dire d'experts. A l'avenir, le réseau DEPHY FERME permettra d'acquérir des références nationales ou régionales sur un grand nombre d'exploitations, mais la diversité des SdC rendra toujours la décision difficile. Par exemple, pour l'indicateur « Rendement », le résultat est conditionné, d'une part, par l'ITK appliqué, les conditions pédoclimatiques et les leviers techniques mobilisés mais, aussi, par la variété de pommier, l'âge du verger et la densité de plantation.

C. DEXiFruits

Le critère d'entrée « coût de production » rentré pour les SdC du réseau est celui du « système type ». Le critère d'entrée « besoin en équipement » spécifique des SdC (Tableau 3) est un critère d'appréciation qualitatif. Le coût de certains leviers mis en place sur le réseau comme le filet Alt' Carpo ou la bâche anti-pluie n'est donc pas pris en compte de manière chiffrée mais seulement qualitative (critère « besoin en équipement ») dans cette étude. Cependant, ces leviers ont un coût économique important pouvant affecter très fortement la durabilité économique d'un SdC avec un coût de production beaucoup plus élevé.

Comme pour les indicateurs simples, le choix des seuils pour former les classes pour les critères d'entrée quantitatifs notamment peut impacter fortement les résultats de durabilité des SdC. Ce choix de seuils est donc d'une grande importance.

Etant donné que le réseau national Expé Ecophyto Pomme teste des SdC en station d'expérimentation, il pourrait être intéressant de changer le poids de la branche « durabilité sociale ». Certains critères d'entrée de cette branche (connaissances de l'arboriculteur, disponibilité en ressources financières) ne sont pas forcément accessibles pour des sites expérimentaux. Actuellement, ce poids vaut 33% de la note de durabilité globale, il pourrait être abaissé pour privilégier la durabilité économique et environnementale.

D. Avantages et inconvénients des méthodes d'évaluation

- **Méthode avec des indicateurs simples non agrégés**

Les valeurs de référence proposées pour chacun des indicateurs sont la base de la méthode proposée. Celles-ci pourraient cependant être rediscutées pour essayer d'affiner les valeurs.

Aucun « poids » n'est attribué à un indicateur particulier lors du classement des SdC en fonction du nombre de pastilles de chaque couleur. Cependant, un SdC est peut-être plus performant avec seulement un rendement jugé satisfaisant qu'un SdC avec des charges de mécanisation et un temps de travail satisfaisant mais un rendement insuffisant.

L'évaluation des SdC est axée sur des indicateurs économiques et techniques qui intéressent très fortement les producteurs. Ce sont des indicateurs qu'ils peuvent obtenir sur leur propre SdC pour pouvoir comparer les SdC innovants qui sont expérimentés avec ce qu'ils font déjà chez eux. Le tableau de bord des indicateurs est une présentation très visuelle des résultats qui sera utilisée pour la communication sur les résultats du réseau.

- **Outil d'évaluation de critères agrégés**

Pour compléter de manière satisfaisante les 57 critères d'entrée, il y a beaucoup d'informations à obtenir sur les SdC. Ces informations ne sont pas toujours disponibles ou accessibles. Par exemple, seuls 8 critères sur les 35 spécifiques des SdC étaient disponibles dans la BDD SYSTERRE®.

L'analyse complète de la durabilité des SdC via les graphiques de type Visu est longue et difficilement analysable pour autant de SdC sur autant d'années d'études pour l'intégralité du projet si l'on ne réalise pas des moyennes pour les critères quantitatifs. De plus cette analyse demande une expertise agronomique de l'évaluateur mais aussi une connaissance des SdC évalués.

DEXIFruits permet d'obtenir une note de durabilité globale prenant en compte un nombre de critères d'entrée importants. Cette note globale permet de synthétiser les résultats des SdC et surtout de les classer.

Cet outil d'évaluation agrégé permet de nuancer le « poids » de certaines caractéristiques du SdC qui ont une importance plus faible dans la notion de durabilité que d'autres.

V. Conclusion et perspectives

Ainsi ce travail réalisé durant ce stage de fin d'études a permis de mobiliser différentes méthodes d'évaluation :

- une méthode d'évaluation des performances économiques et techniques par groupe de SdC et pour chaque SdC via l'utilisation d'indicateurs simples et composites (I-Phy_{arbo}) non agrégés. Pour cette méthode, un indicateur « Etat sanitaire du verger » évaluant le degré de maîtrise des bio-agresseurs par le SdC a permis de commenter les résultats des indicateurs calculés et de vérifier l'efficacité de la stratégie de protection du verger.
- une méthode d'évaluation de la durabilité des SdC via l'outil DEXiFruits. Les SdC ont pu être classés en fonction de leur durabilité globale. Seuls 4 SdC, étudiés dans le projet, ont une note de durabilité globale au dessus de la moyenne nationale.

La typologie ESR appliquée aux SdC a permis de réaliser l'analyse de ceux-ci avec un cadre de lecture plus fin et plus adapté que celui utilisé précédemment. Cependant, les SdC à l'intérieur de chaque groupe ESR restent très hétérogènes au niveau de leurs performances techniques et économiques et de leurs résultats de durabilité.

La proposition de référentiel pour les indicateurs économiques et techniques servira de base pour l'analyse des résultats des campagnes de production à venir.

L'ensemble de ce travail et les propositions méthodologiques seront utilisés dans le cadre des comptes-rendus techniques du réseau national Expé Ecophyto Pomme. De manière plus générale, ils pourront servir de base pour continuer la réflexion sur l'évaluation de SdC en production de pommes à couteau en expérimentation, mais aussi dans les réseaux DEPHY FERME.

Bibliographie

AGRESTE, 2014. Enquête Pratiques phytosanitaires en arboriculture 2012 - Nombre de traitements. In : *AGRESTE Les dossiers*. 2014. Vol. 22, 16 p.

ALAPHILIPPE A., ANGEVIN F., GUÉRIN A., GUILLERMIN P., VÉLU A. et ZAVAGLI F., 2015. DEXiFruits : an easy-to-use tool to evaluate the sustainability of fruits productions system. In : ISHS International Symposium INNOHORT : Innovation in Integrated and organic horticulture. Book of abstracts. Avignon. 2015. p 51.

BOCKSTALLER C., GALAN M-B., CAPITAINE M., COLOMB B., MOUSSET J. et VIAUX P., 2008. Comment évaluer la durabilité des systèmes en production végétale ? In : REAU R. et DORÉ T., *Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer?* Dijon : Educagri Editions. Transversales. p. 29-52. ISBN 978-2-84444-685-5.

BOCKSTALLER C., GUICHARD L., MAKOWSKI D., AVELINE A., GIRARDIN P. et PLANTUREUX S., 2008. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. In : *Agronomy for Sustainable Development*. 2008. Vol. 28, n° 1, p. 139-149. DOI 10.1051/agro:2007052.

BOHANEK M., 2014. IJS DP-11739: *DEXi: Program for Multi-Attribute Decision Making - User's Manual Version 4.01*. IJS delovno porocilo.

BRUNET N., GUICHARD L., OMON B., PINGAULT N. et PLEYBER E., 2008. L'indicateur de fréquence de traitements (IFT) : un indicateur pour une utilisation durable des pesticides. In : *Le Courrier de l'environnement de l'Inra*. 2008. n° 56, p. 131-141.

BUTAULT J-P., DEDRYVER C-A., GARY C., GUICHARD L., JACQUET F., MEYNARD J-M., NICOT P., PITRAT M., REAU R., SAUPHANOR B., SAVINI I. et VOLAY T., 2010. *Synthèse du rapport d'étude Écophyto R&D : quelles voies pour réduire l'usage des pesticides ?* [en ligne]. INRA Editions. [Consulté le 16 avril 2015]. ISBN 978-2-7380-1272-2. Disponible à l'adresse : <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR2014015572>

DESPRAT M-J. et D. RODIER, 2015. Inventaire des vergers 2013. In : *Agreste Chiffres et Données Agriculture*. 2015. n° 227, 63 p.

DUPRIEZ M., 2012. *Evaluation, dans des exploitations agricoles, des effets induits par les pratiques visant la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires*. Mémoire de fin d'études. Vandœuvre-lès-Nancy : ENSAIA, Université de Lorraine. 48 p.

FRANCEAGRIMER, 2014. Les filières des fruits et légumes - Données 2013. In : *Les cahiers de FranceAgriMer*. 2014. 91 p. [Consulté le 28 avril 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.franceagrimer.fr/index.php/content/download/36560/335092/file/chiffres%20cl%C3%A9s%20FL%202013.pdf>

FRANCEAGRIMER, 2015. Filière pomme de table. In : *Les fiches de FranceAgriMer - Fruits et Légumes*. 2015. Vol. Février, 2 p. [Consulté le 28 avril 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.franceagrimer.fr/content/download/37205/341686/file/fiche%20pomme%20de%20table-FR.pdf>

GARCIN A., SAGNES J-L., MONTAGNON J-M., MUNIER-JOLAIN N. et ABIVEN F., 2014. Le réseau de fermes DEPHY ECOPHYTO en arboriculture pour diminuer l'usage des produits. In : *Infos Ctiff*. 2014. n° 302, p. 32-42.

GIRARDIN P., GUICHARD L., BOCKSTALLER C. et MEYNARD J-M., 2005. *Indicateurs et tableaux de bord : Guide pratique pour l'évaluation environnementale*. Lavoisier. Paris : Tec & Doc Lavoisier. 40p. . ISBN 978-2-7430-0807-9.

GRAS R., 1990. Systèmes de culture, définitions et concepts clés. In : COMBE L. et PICARD D. (éd.), *Un point sur les systèmes de cultures*. INRA Editions. Paris. p. 7-14.

GUILLOU M., GUYOMARD H., HUYGHE C. et PEYRAUD J-L., 2013. *Le projet agro-écologique : vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement, propositions pour le Ministre* [en ligne]. INRA - Agreenuium. [Consulté le 14 avril 2015]. Disponible à l'adresse : <http://agriculture.gouv.fr/remise-du-rapport-sur-lagro-ecologie-par-marion-guillou-stephane-le-foll>

HILL S. B. et MACRAE R. J., 1996. Conceptual Framework for the Transition from Conventional to Sustainable Agriculture. In : *Journal of Sustainable Agriculture*. 1996. Vol. 7, n° 1, p. 81-87. DOI 10.1300/J064v07n01_07.

JOUY L., 2011. SYSTERRE® - *Fiche outils* [en ligne]. 2011. PLAGE, Plate-forme d'évaluation Agri-Environnementale. [Consulté le 17 juin 2015]. Disponible à l'adresse : <http://www.plage-evaluation.fr/webplage/images/stories/pdf/fichesystrer.pdf>

LOQUET B. et GARCIN A., 2014. Le réseau DEPHY ECOPHYTO : FERME et EXPE, la base d'un dispositif structuré. In : *Infos Ctifl*. 2014. n° 302, p. 30-31.

MEYNARD J-M., 2008. Introduction générale - Produire autrement : réinventer les systèmes de culture. In : REAU R. et DORÉ T., *Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer?* Dijon : Educagri Editions. Transversales. p. 1-27. ISBN 978-2-84444-685-5.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORET, 2015. *ECOPHYTO: les nouvelles orientations du plan* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. [Consulté le 21 avril 2015]. Disponible à l'adresse : <http://agriculture.gouv.fr/plan-ecophyto-2015>

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE, 2009. *Le plan écophyto 2018, moins de pesticides, c'est mieux* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. [Consulté le 29 avril 2015]. Disponible à l'adresse : <http://agriculture.gouv.fr/ecophyto>

NOUBEL L., 2013. *Méthodologie d'évaluation multicritère des systèmes de culture - Application au cas des systèmes du Réseau national Expé Ecophyto Pomme, projet DEPHY EXPERIMENTATION*. Mémoire de fin d'études. Rennes : AGROCAMPUS OUEST, centre de Rennes. 60 p.

ORTS R., GIRAUD M. et DARTHOUT L., 2006. *Protection intégrée pommier-poirier*. 2^{ème} éd. Paris : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. 336 p. ISBN 2-87911-180-3.

PAPY F., 2008. Le système de culture : un concept riche de sens pour penser le futur. In : *Cahiers Agricultures*. 2008. Vol. 17, n° 3, p. 263-269. DOI 10.1684/agr.2008.0201.

PUJOL J., 2015. Pratiques phytosanitaires en arboriculture : des traitements phytosanitaires dans les vergers de pommiers variables selon les bassins de production. In : *Agreste primeur, la statistique agricole*. 2015. n° 323, p. 1-8.

- REGANOLD J. P., GLOVER J. D., ANDREWS P. K. et HINMAN H.R., 2001. Sustainability of three apple production systems. In : *Nature*. 2001. Vol. 410, n° 6831, p. 926 - 930. DOI 10.1038/35073574.
- RICCI P., LAMINE C. et MESSÉAN A., 2011. La protection intégrée des cultures : un nécessaire changement de paradigme. In : *Agronomie, environnement & sociétés*. octobre 2011. Vol. 1, n° 1, p. 22-30.
- RILEY J., 2001. The indicator explosion : local needs and international challenges. In : *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2001. Vol. 87, n° 2, p. 119 - 120. DOI 10.1016/S0167-8809(01)00272-9.
- ROMET L. et SEVERAC G., 2008. Alt'Carpo, une alternative efficace (suite et pas fin!). In : *PHYTOMA, La défense des végétaux*. 2008. n° 612, p. 16-20.
- SEBILLOTTE M., 1990. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In : COMBE L. et PICARD D. (éd.), *Un point sur les systèmes de cultures*. INRA Editions. Paris. p. 165-196.
- SERRURIER M., 2015. Mémento Fruits et Légumes-Fiche Pomme - BDD Ctifl-Modifiée le 03.07.15. In : *Ctifl* [en ligne]. 2015. [Consulté le 7 août 2015]. Disponible à l'adresse : http://www.ctifl.fr/Memento/ficheproduit.aspx?Code_PageBase=POMME.
- SIMON S., BRUN L., GUINAUDEAU J. et SAUPHANOR B., 2011. Pesticide use in current and innovative apple orchard systems. In : *Agronomy for Sustainable Development*. 2011. Vol. 31, n° 3, p. 541-555. DOI 10.1007/s13593-011-0003-7.
- SIMON S., PLÉNET D., ALAPHILIPPE A. et GUILLERMIN P., 2014. Méthodologie de l'approche système en arboriculture fruitière : partage d'expérience. In : *Séminaire du 06/11/2013*. INRA Gotheron : INRA Editions. 2014. 21 p.
- SOING P., 2008. *Aide pour comprendre I-Phy, indicateur de risque d'impact environnemental*. Ctifl - INRA. 26 p.
- VELU A., ALAPHILIPPE A., GUERIN A., ZAVAGLI F., GUILLERMIN P., ANGEVIN F., 2015. Formation DEXiFruits, outil d'évaluation multicritère de la durabilité des systèmes arboricoles fruitiers. Présentation Power Point et tutoriel d'utilisation. Livrable du projet Pour et Sur du Plan Ecophyto DEXiFruits. 87 p.
- VERPONT F. et FAVAREILLE J., 2015. Système de traitement fixe sur frondaison: un nouveau mode d'application pour le verger de demain ? In : *Infos Ctifl*. mars 2015. n° 309, p. 37-43.
- ZAVAGLI F., GIRAUD M., FAVAREILLE J. et VERPONT F., 2013. Protection des pommiers contre la tavelure - La bâche anti-pluie, un moyen innovant à l'étude. In : *Infos Ctifl*. 2013. n° 289, p. 44-51.

Annexes

Annexe 1 : Principales maladies et principaux ravageurs en verger de pommiers.

Bio-agresseur	Biologie	Dégâts engendrés	Localisation
<i>Podosphaera leucotricha</i> Oïdium	Contamination primaire au printemps grâce à l'inoculum présent sous forme mycélienne dans les écailles de bourgeons. Contamination secondaire jusqu'à l'automne via les conidies dispersées par le vent.	<u>Sur pousses primaires et fleurs</u> : feuilles déformées et organes atrophiés. <u>Sur feuilles</u> : feutrage blanc puis brunissement. <u>Sur fruits</u> : altération de la coloration et rugosité.	La germination des conidies demande une forte humidité au départ mais ensuite le champignon exige peu d'humidité. La maladie est surtout présente dans le Sud Est de la France.
<i>Ventura inaequalis</i> Tavelure du pommier	Inoculum primaire constitué d'ascospores présentes au niveau des feuilles mortes. Une fois mature, elles sont projetées par la pluie. L'inoculum secondaire est constitué de conidies qui sont également dispersées par la pluie mais aussi le vent.	<u>Sur feuilles</u> : taches translucides puis brunes sur la face supérieure. <u>Sur fleurs</u> : taches sur les sépales, l'ovaire, le pédoncule suivies d'un dessèchement de la fleur. <u>Sur fruits</u> : croûtes noirâtres liégeuses plus ou moins crevassées.	Les régions où la pluviométrie est importante, comme en Val de Loire, seront soumises à des plus fortes pressions de la maladie que des régions plus sèches comme le Sud Est de la France.
<i>Cydia pomonella</i> L. Carpocapse du pommier	Lépidoptères ayant 1 à 3 générations par an. Les papillons pondent sur les arbres après l'accouplement. A l'éclosion, les larves vont rechercher un fruit pendant 1 ou 2 jours (stade baladeur). Elles pénètrent ensuite le fruit pour creuser des galeries jusqu'aux pépins.	<u>Sur fruits</u> : Légères morsures lors du stade baladeur de la larve. Fruits criblés de galeries encombrées de déjections ce qui conduit à la chute du fruit.	Le Midi Méditerranéen est plus exposé aux attaques de carpocapse que le reste de la France. Dans cette région, elle peut même y avoir une 3 ^{ème} génération mais qui termine rarement son cycle.
<i>Dysaphis plantaginea</i> Passerini Pucerons cendrés	Hivernation à l'état d'œufs, puceron migrant. Les fondatrices sont à l'origine de plusieurs générations d'individus aptères. Le plantain, en juin-juillet, constitue l'hôte secondaire mais fin septembre, les pucerons regagnent le pommier.	<u>Sur feuilles et pousses</u> : enroulement et déformation des feuilles et rameaux. Arrêt de croissance des pousses. <u>Sur fruits</u> : Déformation des jeunes fruits.	
<i>Eriosoma lanigerum</i> Hausmann Pucerons lanigères	10 à 12 générations par an. Il hiverne sous forme de larve, au collet et sur les racines du pommier.	<u>Sur rameaux</u> : les piqûres des pucerons provoquent la formation de nodosités. Pas de dégâts sur feuilles	

Annexe 2 : Fiche projet « Réseau national Expé Ecophyto Pomme : Evaluation multi site de systèmes innovants de production de pommes, visant la réduction d'emploi des produits phytosanitaires » lancé dans le cadre du plan Ecophyto.

DEPHY EXPE 2011

Projet 1-23



Réseau national Expé Ecophyto Pomme : Evaluation multi-sites de systèmes innovants de production de pommes, visant la réduction d'emploi des produits phytosanitaires

Localisation des sites expérimentaux



Organisme chef de file : CTIFL

Chefs de projet : ZAVAGLI Franziska

zavagli@ctifl.fr

Partenaires : Ctifl, Cefel, Cehm, Invenio, La Morinière, La Pugère DGAL-SDQPV, ANPP, FNPF, cellule d'animation nationale DEPHY arbo, INRA

Sites en réseaux

Cefel (82), Cehm (34), Centre Ctifl Lanxade (24), Invenio (St. Yrieix 87), La Morinière (37), La Pugère (13)

Nombre site EXPE : 6

Nombre SdC 'Dephy' : 19

Mots clés

Bâche anti-pluie, traitement par aspersion, variétés résistantes, porte-greffe, filet Alt'Carpo, éclaircissage mécanique, produits de bio-contrôle, prévision des risques, entretien du sol mécanique

Résumé du projet

Une évaluation de systèmes de production de pomme intégrant des moyens et techniques innovants de protection contre les bio-agresseurs, d'entretien du sol et de maîtrise de la charge sera menée dans ce projet, au sein d'un réseau multi-sites, s'appuyant sur le réseau national d'expérimentation coordonné par le Ctifl. L'objectif est de proposer un système permettant de réduire l'usage des produits phytosanitaires d'au moins 50% et qui reste viable pour le producteur. Les variétés résistantes, la protection par filet Alt'Carpo et bâche anti-pluie, l'emploi de produits dits « alternatifs » ou « complémentaires », l'aspersion sur frondaison par équipement fixe, la mécanisation, la production en AB sont des pistes qui seront travaillées dans le cadre de ce projet.

Résultats et valorisations attendues

A l'issue de ce projet, nous espérons ainsi pouvoir proposer un ensemble de techniques, viables techniquement et économiquement, aux professionnels de la filière pomme, et remplissant l'objectif du plan ECOPHYTO de réduction de 50% des produits phytosanitaires fixé à 2018.

Il s'agira également d'obtenir des techniques permettant une moindre exposition aux produits phytosanitaires des applicateurs et de l'environnement proche de la parcelle, ainsi que de limiter les résidus sur les fruits.

Les résultats obtenus seront valorisés par :

- Des visites des dispositifs chez les partenaires du projet ouvertes à un public large : producteurs, techniciens, participants aux fermes du réseau DEPHY, établissements d'enseignement supérieur.
- Présentations en réunion techniques régionales et nationales.
- Rédaction de fiches pratiques qui alimenteront le réseau DEPHY et feront l'objet de publications par les partenaires.
- Publications dans des revues techniques telles qu'Infos Ctifl, Réussir Fruits et Légumes ou L'Arboriculture Fruitière.

Techniques/leviers mis en œuvre par site expérimental et résultats attendus

	Leviers mobilisés													
	Modalités de systèmes	Variété standard	Variété RT	P-G ^(*)	Prophylaxie	Moyens alternatifs privilégiés (**)	Protection filet	Traitements Tavelure selon modèle	Qualité pulvé (aspersion sur frondaison)	Bâche anti-pluie	Eclaircissage mécanique privilégié	Entretien du sol non chimique	Objectif de réduction d'IFT (%)	Objectif de Rdt (en % du ou d'un système de référence)
La Morinière	Système base 1	Gala											Réf.	(*)
	Système base 2		Ariane										15 à 30 %	(*)
	Système Ecophyto 1	Gala			X	X		X			X	X	30 à 50 %	(*)
	Système Ecophyto 2		Ariane		X	X	X				X	X	60 à 70 %	(*)
	Système Ecophyto 2'		Ariane		X	X					X	X	50 à 60 %	(*)
	Système AB		Ariane		X	X					X	X	(**)	(*)
Ctif Lanxade	Système base 1	Gala Brookfield											Réf.	(*)
	Système base 2		Ariane										15 à 30 %	(*)
	Système Ecophyto 1	Gala Brookfield			X		X	X	X	X	X	X	50 %	(*)
	Système Ecophyto 1bis	Gala Brookfield			X	X	X	X	X	X	X	X	30 à 50 %	(*)
	Système Ecophyto 2		Ariane		X	X	X	X			X	X	50 à 70 %	(*)
CEFEL	Système base 1	Fuji											Réf.	(*)
	Système base 2		Ariane										15 à 30 %	(*)
	Système Ecophyto 1	Fuji			X	X	X	X					50 %	(*)
	Système Ecophyto 2		Ariane		X	X	X	X		X			50 à 70 %	(*)
La Pugère	Système base 1	Golden			X			X					Réf.	(*)
	Système Ecophyto 1	Golden		X	X	X	X	X				X	30 à 50 %	(*)
	Système Ecophyto 2		Crimson Crisp	X	X	X	X	X				X	50 à 70 %	(*)
Invenio	Système base 1	Golden											Réf.	(*)
	Système Ecophyto 1	Golden			X	X	X		X		X	X	50 %	(*)
CEHM	Système base 1	Granny Smith Challenger						X					Réf.	(*)
	Système Ecophyto 1	Granny Smith Challenger			X	X	X	X			X	X	50 %	(*)
	Système AB 1	Akane	Crimson Crisp ; Opal	X	X	X		X			X (1 ^{ère} feuille 2012)	X	(**)	(*)
	Système AB 2	Akane	Crimson Crisp ; Opal	X	X	X	X	X			X (1 ^{ère} feuille 2012)	X	(**)	(*)

(*) Il est important de noter que le rendement et la qualité des fruits ne sont a priori pas modifiés par rapport au système de base. (**) Dans l'état actuel des connaissances, le calcul de l'IFT dans la modalité AB devra être adapté par rapport à la prise en compte des produits de bio-contrôle, et des produits comme l'ARMICARB ou la bouillie sulfo-calciq.

Annexe 3 : Caractéristiques du dispositif expérimental de chaque SdC testé sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme.

	Modalités de systèmes	Variété (Rt = résistante tavelure)	Nom de la Parcelle	Porte-greffe	Densité de plantation (arbres/ha)	Distances de plantation	Année de plantation	Année de conversion en AB	Surface du système (m)	Type de sol	Mode d'irrigation	Mode de conduite (axe, mur, fruitier)	Historique de la parcelle	Type de filet
La Morinière	Système base 1	Gala	P1	Emla	2500	4m x 1m	2006		870	limono-argileux	goutte à goutte	axe	Pression carpocapse plus importante	Pas de filet
	Système base 2	Ariane (Rt)	P1	Emla	2500	4m x 1m	2006		950	limono-argileux	goutte à goutte	axe	Pression carpocapse plus importante	Pas de filet
	Système Ecophyto 1	Gala	P27	Emla	2500	4m x 1m	1997		1600	limono-argileux	goutte à goutte	axe	Forte pression acariens sortie d'hiver	Pas de filet
	Système Ecophyto 2	Ariane (Rt)	P21	Emla	2500	4m x 1m	2009		1600	limono-argileux	microjet	axe		Pas de filet
	Système Ecophyto 2'	Ariane (Rt)	P26	Emla	2500	4m x 1m	2005		1600	limono-argileux	microjet	axe		Filets paragrèle sur le dessus et les côtés
	Système AB	Ariane (Rt)	P46	Emla	2000	4m x 1,25m	2009	2009	1600	limono-argileux	microjet	axe	AB : des problèmes de pucerons cendrés et de désherbage. Arbres assez peu vigoureux.	Filets paragrèle sur le dessus
Ctifl	Système base 1	Gala Brookfield	Sa	Pajam 1	2000	4m x 1,25m	hiver 2004/2005		900	sablo-limono-argileux	goutte à goutte	mur	Faible pression carpocapse. Symptômes de dépérissement marqués en 2012	Filets paragrèle sur le dessus
	Système base 2	Ariane (Rt)	Sa	M9 EMLA	2500	4m x 1m	hiver 2004/2005		1300	sablo-limono-argileux	goutte à goutte	axe	Faible pression carpocapse.	Filets paragrèle sur le dessus
	Système Ecophyto 1	Gala Brookfield	Sa	Pajam 1	2000	4m x 1,25m	hiver 2004/2005		700	sablo-limono-argileux	goutte à goutte	mur	Faible pression carpocapse. Symptômes de dépérissement marqués en 2012	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés
	Système Ecophyto 2	Ariane (Rt)	Sa	M9 EMLA	2500	4m x 1m	hiver 2004/2005		1300	sablo-limono-argileux	goutte à goutte	axe	Faible pression carpocapse. Pression puceron cendré suite à des lâchers d'auxiliaires depuis 2010.	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés

	Modalités de systèmes	Variété (Rt = résistante tavelure)	Nom de la Parcelle	Porte-greffe	Densité de plantation (arbres/ha)	Distances de plantation	Année de plantation	Année de conversion en AB	Surface du système (m²)	Type de sol	Mode d'irrigation	Mode de conduite (axe, mur fruitier)	Historique de la parcelle	Type de filet
CEFEL	Système base 1	Fuji	P11	Pajam 1	2083	4m x 1,2m	2009		500	limono sablo argileux	microaspersion sous frondaison	axe	alternance négative en 2012	Filets paragrèle sur le dessus
	Système base 2	Ariane (Rt)	P18	Pajam 1	2083	4m x 1,2m	2005		500	limono sablo argileux	microaspersion sous frondaison	axe	forte pression carpocapse les années précédentes	Filets paragrèle sur le dessus
	Système Ecophyto 1	Fuji	P11	Pajam 1	2083	4m x 1,2m	2009		500	limono sablo argileux	microaspersion sous frondaison	axe	alternance négative en 2012	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés
	Système Ecophyto 2	Ariane (Rt)	P18	Pajam 1	2083	4m x 1,2m	2005		500	limono sablo argileux	microaspersion sous frondaison	axe	forte pression carpocapse les années précédentes	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés
La Pugère	Système base 1	Golden		Pajam 2 Cepiland	2000	4m x 1,25m	2010		2875	limon sablo-argileux	microaspersion sous frondaison	axe	Aucune pression ravageurs sur le verger	Filets paragrèle sur le dessus
	Système Ecophyto 1	Golden		M7	800	5m x 2,5m	2010		1500	limon sablo-argileux	microaspersion sous frondaison	libre	Aucune pression ravageurs sur le verger	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés
	Système Ecophyto 2	Crimson Crisp (Rt)		M7	800	5m x 2,5m	2010		2000	limon sablo-argileux	microaspersion sous frondaison	libre	Aucune pression ravageurs sur le verger	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés
Invenio	Système base 1	Golden	12	Pajam1	2000	4m x 1,25m	2007		1025	sablo-limoneux	goutte à goutte	axe	Aucune pression ravageurs sur le verger	Filets paragrèle sur le dessus
	Système Ecophyto 1	Golden	10	NAKB	2000	4m x 1,25m	2009		1100	sablo-limoneux	goutte à goutte	axe	Aucune pression ravageurs sur le verger	Filets paragrèle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés

	Modalités de systèmes	Variété (Rt = résistante tavelure)	Nom de la Parcelle	Porte-greffe	Densité de plantation (arbres/ha)	Distances de plantation	Année de plantation	Année de conversion en AB	Surface du système (m²)	Type de sol	Mode d'irrigation	Mode de conduite (axe, mur fruitier)	Historique de la parcelle	Type de filet
CEHM	Système base 1	Granny Smith Challenger	K (hors filets)	Pajam 2	1250	4m x 2m	1994		4320	argilo limoneux sableux	aspersion sur frondaison	axe	carpo fin 2011 : 0,77%	Pas de filet
	Système Ecophyto 1	Granny Smith Challenger	K (sous filets)	Pajam1	1250	4m x 2m	1994 Surgreffage 2005		5200	argilo limoneux sableux	aspersion sur frondaison	axe	carpo fin 2011 : 0,00%	Filets paragrêle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés
	Système AB 1	Akane; Crimson Crisp (Rt) ; Opal (Rt)	G (hors filets)	Emla, M7, M25, PI80	1250	4m x 2m	2011	parcelle en AB depuis 2000 ; plantation 2011	5976	argilo limoneux sableux	microaspersion 35l/h	axe	Plantation Greffés sur table mars 2011	Pas de filet
	Système AB 2	Akane; Crimson Crisp (Rt) ; Opal (Rt)	E (sous filets)	Emla, M7, M25, PI80	1666	4m x 1,50m	2011	parcelle en 2ème année de conversion en 2011; plantation 2011	4332	argilo limoneux sableux	microaspersion 35l/h	axe	Plantation Greffés sur table mars 2011	Filets paragrêle sur le dessus – filets 4 x 4 sur les côtés

Annexe 4 : Règles de décision appliquées sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme pour la campagne 2014.

TAVELURE variétés sensibles

Modalité ECOPHYTO	Modalité BASE
Prophylaxie (broyage) <i>Spécificités</i> : La Pugère, Invenio, CEHM : traitement à l'urée si inoculum d'automne élevé.	Prophylaxie (broyage) <i>Spécificités</i> : La Pugère, CEHM: traitement à l'urée si inoculum d'automne moyen.
Contaminations primaires	
<ul style="list-style-type: none"> - Dès le débourrement (stade B à C-C3), protection préventive chimique. - En cas de pic de projection + RIM important renouvellement du traitement. <i>Spécificités</i> : CEHM : RIM effectif = 300 CEFEL : RIM effectif = 500 Invenio : 200° heures après le début de la pluie (BSC) La Pugère : si contamination a eu lieu La Morinière : si RIM prévisionnel = 300 <ul style="list-style-type: none"> - Considérer qu'on arrive sur la fin des contaminations primaires quand on atteint 99% du projeté. 	Idem Encadrement des pics de projections (sauf si produit non lessivé et pas de nouvelle pousse) Idem
Période intermédiaire primaires/secondaires (fin mai-juin)	
En fin des primaires, suivre les données du modèle aussi bien sur les risques primaires (% projeté et RIM), que sur les secondaires. S'appuyer également sur les données issues des suivis biologiques. <ul style="list-style-type: none"> - En cas de risque d'infection sur fruits (= plage rouge dépassant la courbe légère) et en absence de RIM (risque primaire), considérer le risque sur fruits. - En l'absence de risque sur fruits, ne pas traiter - De mi-mai à mi-juin, privilégier le traitement stop ou curatif. - Réserver les produits dits alternatifs sur les contaminations secondaires. 	Maintien d'une protection préventive
Contaminations secondaires	
A partir de mi-juin : <ul style="list-style-type: none"> - Si la parcelle est propre, traiter selon les seuils (% de pousses attaquées) - Sinon, traiter sur risques d'infection sur fruits (= plage rouge dépassant la courbe légère) Seuils redéfinis : 5% fin juin 10% fin juillet 15% fin août	A partir de mi-juin : <ul style="list-style-type: none"> - Si la parcelle est propre, traiter selon les seuils (% de pousses attaquées) - Sinon, traitement préventif à chaque évènement pluvieux (20 mm) Seuils définis : 1 % fin juin (2 % cas de La Pugère) 3 % fin juillet 5 % fin août.

TAVELURE variétés résistantes

Système variétés résistantes Tavelure sans contournement
<ul style="list-style-type: none"> • uniquement sur les pics de projections. • Seuils de déclenchement : <ul style="list-style-type: none"> - RIM de 300 dans le cas où des vergers du secteur présentent le contournement du gène Vf (RIM de 500 pour le CEFEL) - RIM de 1000 (Ctifl), 600 (La Morinière) dans le cas où aucun cas de présence du contournement n'a été signalé dans la zone. - Pas de valeur RIM, mais sur une période à risque de contamination élevée (La Pugère) - Si à 50 % de la courbe de maturation des spores, ces seuils n'ont jamais été atteints, deux traitements seront appliqués pendant la période des 50 % restant (privilégier F-GH où le végétal est le plus sensible), afin d'éviter tout risque de contournement. <p>Spécificités - Choix des produits : CEFEL/CEHM/ La Pugère : choix soufre pour ECOPHYTO. Ctifl : choix BSC pour ECOPHYTO</p>
Système variétés résistantes Tavelure avec contournement
<p>La Morinière : Delan, Score. Maintien d'une stratégie identique à une variété standard pendant deux campagnes au moins.</p>

Oïdium

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	En présence de symptômes, traitement spécifique. <u>Choix des produits :</u> Soufre : 7,5 kg/ha, voire moins (5 ou 2,5 kg/ha) (pas de LMR). Nimrod. Cyflodium ou Cidely.	Gestion de l'oïdium systématique avec la tavelure. <u>Choix des produits :</u> la gamme complète (anti-tavelure à effet secondaire oïdium, soufre, IBS à raison de 3 applications maxi/an).
Spécificités	<p>La Pugère : > 5 % pousses, suppression des pousses + NIMROD. Si moins de 5 % pousses que suppression des pousses.</p> <p>CEHM : dès l'ouverture des bourgeons en fonction de l'inoculum de l'année précédente. Cadence 10 à 15 jours. Arrêt : fin pousse active</p> <p>La Morinière : application d'Armicarb</p>	

Feu bactérien

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	S'agissant d'une maladie à lutte obligatoire, la protection est déclenchée dès observation des premiers symptômes.	Idem stratégie ECOPHYTO.

Maladies de conservation

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	Idem système BASE	Les traitements fongiques sont appliqués selon la sensibilité variétale . Dans le cas de l'étude, une action spécifique « maladies de conservation » ne se justifie que sur Golden, voir sur Gala, Granny Smith ou Ariane. Les fruits sont suivis en conservation pour une description complète de la qualité de la récolte.
Spécificités	La Morinière : traitement eau chaude en post-récolte.	La Pugère : Traitement spécifique année n si présence de dégâts année n-1

Pucerons cendrés

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	<p>* traitement d'automne : à base de talc (Ctifl Lanxade)</p> <p>* sortie d'hiver : Prognose (Ctifl, La Morinière, La Pugère) CEHM : deux huiles sur AB uniquement. CEFEL: pas d'huile Invenio: PIRIMOR demi dose La Pugère : huile + KLARTAN (dose pucerons) La Morinière : deux huiles Ctifl : pas d'huile</p> <p>* traitement pré-floral systématique : CEHM : huile + pyréthrianoïde. En AB : sécateur. CEFEL, Invenio, La Pugère, La Morinière, Ctifl : SUPREME La Morinière AB : PYREVERT</p> <p>* traitement post-floral : si présence TEPPEKI ou talc à 15 jours / F2 (Ctifl) SUPREME (CEFEL)</p>	<p>Pas de traitement d'automne.</p> <p>* sortie d'hiver : prognose (Ctifl, La Morinière, La Pugère) CEHM : deux huiles sur AB uniquement CEFEL : huile + pyréthrianoïde Invenio : PIRIMOR demi dose La Pugère : huile + KLARTAN (dose chenilles) La Morinière : deux huiles + pyréthrianoïdes. En AB : que deux huiles. Ctifl : pas d'huile</p> <p>* traitement pré et post-floral systématique. Choix des produits : idem système ECOPHYTO.</p>
Spécificités	La Pugère : Traitement post-floral si présence sur 1% des points de contrôle en l'absence d'auxiliaires.	

Pucerons lanigères

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	Traitement si présence (seuil 30 % de pousses de l'année) à l'exception de La Pugère	Idem stratégie système ECOPHYTO
Spécificités	La Pugère : Introduction de forficule (seuil 10%)	

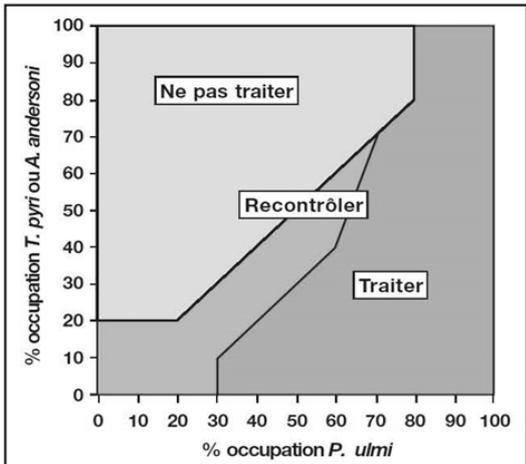
Carpocapse

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base G1	<p><u>Situation faible pression :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Filet (Ctifl, La Morinière et la Pugère). Pas de complément sur G1. - Filet & confusion (Invenio), pas de complément sur G1. <p><u>Situation forte pression :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Filet & confusion carpo + complément chimique systématique sur G1 (CEFEL) - Filet. Pas de complément. (CEHM). 	<p>Confusion sexuelle sauf spécificité.</p> <p>Traitements sur la première et deuxième génération selon le piégeage, BSV et le modèle sur les périodes à risques.</p> <p>Complément insecticide de synthèse en présence de fruits attaqués en fin de génération (seuil : 0,5 %).</p>
Spécificités G2	<p>La Pugère : si dégâts > 0,5% virus de la granulose ; si > 3%: retrait manuel des fruits piqués+1 application d'Emamectine.</p> <p>CEFEL, La Morinière : si dégâts < 0,5 % fin G1: pas de traitements en G2 ; si > 0,5 % fin G1: traitements sur pics de vol en G2. Gamme classique des insecticides.</p> <p>Ctifl, CEHM : > 0,5 % virus de la granulose</p> <p>Invenio : sur G2 raisonnement basé sur les tordeuses.</p> <p>CEHM : des traitements spécifiques « zeuzère » sont réalisés en présence de dégât de crosse (trous de pénétration primaire). Seuil de 5 %.</p>	<p>La Morinière et Ctifl : pas de confusion</p>

Tordeuses de la pelure

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	Si nécessaire, traitement avec du <i>Bacillus thuringiensis</i> .	Applications d'insecticides de synthèse spécifiques.

Acariens

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règle de base	<p>Prognose d'hiver et suivi des populations d'acariens phytophages et auxiliaires.</p> <p>Intervention spécifique en fonction du niveau de population (50 % de feuilles occupées par au moins une forme mobile d'acarien rouge).</p> <p>Prise en compte des phytoséides selon schéma décisionnel suivant</p>  <p>Fig. 1. Graphique prévisionnel pour le contrôle des acariens rouges et jaunes et des typhlodromes <i>T. pyri</i> et <i>A. andersoni</i> en % de feuilles occupées, avec prise de décision de traiter ou non.</p> <p>Pas de prognose : CEHM, CEFEL</p>	Même stratégie que le système ECOPHYTO.
Spécificités	La Pugère : régulation par acariens prédateurs (introduction de <i>Kampimodromus aberrans</i> en juin si absent à cette période).	La Pugère : stade H Abamectin+ huile minérale si < 20 % de feuilles occupées par acariens prédateurs au stade G.

Eclaircissage

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règles de base	Complément mécanique selon charge sur les sites de La Morinière, de Ctifl et du CEFEL.	Stratégie chimique.

Entretien du sol

	Système ECOPHYTO	Système BASE
Règles de base	Mécanique sur le rang, enherbement sur l'entre-rang.	Chimique sur le rang, enherbement sur l'entre-rang.
Spécificités	<p>La Morinière : chimique à l'automne ou au débourrement, puis mécanique en complément.</p> <p>CEHM : chimique, mais moins de passage que dans le système de Base.</p> <p>La Pugère : mécanique après récolte si taux de salissement > 50% (à cause des campagnols)</p>	

Annexe 5 : Récapitulatif de l'ensemble des indicateurs calculés pour les SdC sur le réseau national Expé Ecophyto Pomme pour les campagnes 2013 et 2014.

Site	SdC	Année	Indicateurs calculés directement avec SYSTERRE														Autres indicateurs				
			IFT global	IFT fongicides	IFT ch. + BC insecticides	IFT herbicides	IFT éclaircissants	Quantité de matière active (g/ha)	Temps de travaux (h/ha)	Charges phytos (€/ha)	Charges de structures (€/ha)	Charges de mécanisation (€/ha)	Consommation en carburant (l/ha)	Nombre de passages	Rendement (t/ha)	Produit brut (€/ha)	IFT BC	IFT _{total} hors produits NODU Vert	I-Phys _{irbo}	Coût des intrants pour la protection du verger (€/ha)	Etat sanitaire du verger
La Mornière	BASE 1	2013	41,6	32,5	6,8	0,9	1,4	48383	886	1544	0	977	314	43	52,4	18337	0	41,6	6,9	1544	Maîtrise insuffisante
	BASE 2	2013	29,9	21	6,8	0,9	1,2	27316	1132	1332	0	863	271	38	50,1	17532	0	29,9	6,6	1332	Bonne maîtrise
	AB 2	2013	22,2	19,8	2,4	0	0	164754	488	1010	360	854	376	47	11,9	8358	1,3	20,9	6,3	1370	Maîtrise insuffisante
	ECOPHYTO 1	2013	25,0	19	3,6	1,2	1,2	49931	848	1063	300	782	349	41	35,6	12460	0	25	5,3	1363	Maîtrise insuffisante
	ECOPHYTO 2	2013	15,9	9,6	3,3	1,5	1,5	39482	933	719	300	937	299	32	27,9	9779	0	15,9	6,5	1019	Bonne maîtrise
ECOPHYTO 2'	2013	13,5	7,9	2,6	1,5	1,5	33200	918	783	360	842	309	34	22,6	7917	0	13,5	6,5	1143	Bonne maîtrise	
Crifi	BASE 1	2013	37,4	22,3	9	1,1	5	25994	1174	1327	300	905	311	41	78	27300	1	36,4	4,2	1627	Bonne maîtrise
	BASE 2	2013	19,0	8,4	7	0,6	3	9857	881	892	300	745	234	29	48	16800	0	19	4	1192	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2013	13,1	1,9	7,2	0	4	5184	1010	828	2910	708	268	35	40	14000	4,2	8,9	3,8	3738	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1bis	2013	33,3	22,3	6	0	5	40105	1102	1258	360	842	291	44	60	21000	1	32,3	4	1618	Bonne maîtrise
ECOPHYTO 2	2013	10,5	4,9	2,6	0	3	4864	830	699	360	729	219	31	27	9450	1,6	8,9	4,3	4642	Maîtrise moyenne	
CEFFL	BASE 1	2013	39,2	29	6,2	1	3	45745	805	1770	300	972	339	48	67,8	23741	0	39,2	5,3	2070	Bonne maîtrise
	BASE 2	2013	22,2	9	7,2	1	5	29228	707	1443	300	781	234	33	38,7	13556	0	22,2	5,3	1743	Maîtrise insuffisante
	ECOPHYTO 1	2013	30,5	20,8	6	0,7	3	32186	822	1572	360	1124	416	49	54,1	18921	0	30,5	4,2	1932	Maîtrise insuffisante
ECOPHYTO 2	2013	18,0	6	7	0	5	61939	732	1343	360	1038	378	41	40	13976	0	18	5,1	1703	Bonne maîtrise	
La Puygère	BASE 1	2013	36,8	14	20,3	1,5	1	50691	490	1543	300	759	233	41	29,5	10325	7,3	29,5	4,5	1843	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2013	10,6	5,6	2,5	0	0	16811	218	264	360	671	182	29	6,7	2345	0,5	10,1	3,3	624	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 2	2013	4,7	2,2	2,5	0	0	19728	268	127	360	705	195	21	13,9	4865	0,5	4,2	3,9	487	Bonne maîtrise
Invenio	BASE 1	2013	37,6	28,7	4	0,8	3,4	51413	552	1938	300	850	286	44	34,2	11970	1	36,7	4,8	2238	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2013	39,5	34,9	2,6	0	2	88839	561	2071	360	875	302	58	22,9	8015	1	38,5	6,4	2431	Maîtrise insuffisante
CEHM	BASE AB 2	2013	19,3	NA	NA	NA	NA	64880	117	690	0	873	403	NA	NA	NA	12,7	6,6	5,2	690	Bonne maîtrise
	BASE 1	2013	28,8	14,1	13,7	1	0	65952	685	837	0	721	222	34	47,5	16625	2,7	26,1	6,1	837	Maîtrise moyenne
	AB 2	2013	14,6	7,6	7	0	0	64880	296	690	360	930	443	NA	NA	NA	5	9,6	5,1	1050	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2013	21,0	14,4	5,1	0,5	1	63860	636	630	360	633	184	27	52,9	18515	0	21	5,8	990	Bonne maîtrise

Site	SdC	Année	Indicateurs calculés directement avec SYSTERRE														Autres indicateurs				
			IFT global	IFT fongicides	IFT ch. + BC insecticides	IFT herbicides	IFT éclaircissants	Quantité de matière active (g/ha)	Temps de travaux (h/ha)	Charges phytos (€/ha)	Charges de structures (€/ha)	Charges de mécanisation (€/ha)	Consommation en carburant (l/ha)	Nombre de passages	Rendement (t/ha)	Produit brut (€/ha)	IFT BC	IFT _{total} hors produits NODU Vert	I-Phy _{arbo}	Coût des intrants pour la protection du verger (€/ha)	Etat sanitaire du verger
La Moynière	BASE 1	2014	42,7	26,1	10,7	1,5	4,4	42721	882	1836	0	813	269	44	33,2	11631	2,3	40,4	5,5	1836	Bonne maîtrise
	BASE 2	2014	41,9	25	10,7	1,5	4,7	41932	822	1854	0	809	266	43	22,7	7928	2,3	39,6	5,4	1854	Bonne maîtrise
	AB 2	2014	27,9	22,7	5,2	0	0	213390	474	1170	360	882	332	47	5,8	4085	1,3	26,6	5,8	1530	Maîtrise moyenne
	ECOPHYTO 1	2014	31	20,6	6,8	0,5	3,2	39809	947	1406	300	749	244	38	14,8	5191	2,3	28,7	6,7	1706	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 2	2014	28,4	18,9	6,8	0,5	2,2	34243	921	731	300	745	240	32	26,2	9181	2,3	26	5,1	1031	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 2'	2014	23,3	15,8	4,8	0,5	2,2	31051	946	808	360	697	218	35	20,1	7018	2,3	21	5,1	1168	Bonne maîtrise
Criffi	BASE 1	2014	37,0	22	9	2	4	21009	697	1566	300	864	285	38	34	11900	0	37	4,1	1866	Bonne maîtrise
	BASE 2	2014	20	6	8	2	4	17097	900	1035	300	752	220	29	18	6300	0	20	4,3	1335	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2014	10	2	8	0	0	51839	690	459	2560	723	237	30	26	9100	1	9	3,9	3019	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1bis	2014	30,7	21	4	2	3,7	65811	757	1310	360	629	143	39	57	19950	1	29,7	3,9	1670	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 2	2014	12	6	2	0	4	13504	828	808	360	697	225	29	14	4900	1	11	4,1	1168	Bonne maîtrise
CEPEL	BASE 1	2014	32,2	24,7	5,1	1,7	0,7	44794	857	1257	300	899	282	39	27,2	9503	0	32,2	4,4	1557	Maîtrise insuffisante
	BASE 2	2014	21,8	7	7,1	1,7	6	22698	974	1027	300	774	211	31	30,9	10798	0	21,8	4,3	1327	Maîtrise insuffisante
	ECOPHYTO 1	2014	28,3	23,6	4	0	0,7	39406	865	974	360	866	271	41	10,8	3780	0	28,3	4,3	1334	Maîtrise insuffisante
	ECOPHYTO 2	2014	11	2,7	5	0	3,3	16489	1004	614	360	852	262	34	30,8	10794	0	11	4,2	974	Bonne maîtrise
La Puzière	BASE 1	2014	34,2	11	13	1,7	8,5	69069	944	1372	300	703	186	30	69	24150	4	30,2	4,7	1672	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2014	13	5	2,2	0	5,8	29859	600	307	360	764	178	24	42	14700	0,6	12,4	3,5	667	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 2	2014	7,4	2,2	1,8	0	3,4	20894	236	146	360	642	92	16	33,9	11865	0,6	6,8	3,8	506	Bonne maîtrise
Invenio	BASE 1	2014	38,1	28,9	6,9	1,3	1	39503	424	1827	300	819	233	39	34	11900	1	37,1	4,3	2127	Bonne maîtrise
	ECOPHYTO 1	2014	31	27,2	3	0,3	0,5	50262	538	1464	360	852	275	46	31,8	11130	1	30	5,2	1824	Maîtrise insuffisante
CEHM	BASE AB 2	2014	20,9	7,2	13,7	0	0	99132	603	955	300	845	333	33	3,4	1190	10	10,9	4,6	1255	Bonne maîtrise
	BASE 1	2014	30,8	17,7	12,4	0,7	0	40876	783	1168	300	656	224	33	47,9	16758	3	27,8	5,8	1468	Bonne maîtrise
	AB 2	2014	14,9	7,2	7,7	0	0	98135	669	486	360	824	323	31	4,2	1453	6	8,9	5,9	846	Maîtrise moyenne
	ECOPHYTO 1	2014	21,5	12,3	7,5	0,3	1	36222	836	763	360	550	147	28	47,6	16660	1	20,5	5,7	1123	Bonne maîtrise

Annexe 6 : Exemple d'un graphique de Type Visu pour le SdC Ctifl ECOPHYTO 2 pour les branches économique et sociale de la durabilité globale.

Durabilité globale (2/7)	Durabilité économique (2/5)	Rentabilité (2/5)	Aides directes (1/3)			
			Valeur de la production (2/4)			
			Coûts de production (2/4)			
		Viabilité (2/5)	Stabilité (2/5)	Régularité de la production (1/3)		
				Efficiences économique (2/4)	Valeur de la production (2/4)	
				Rentabilité (2/5)		
			Autonomie (2/4)	Dépendance aux marchés (1/3)		
				Dépendance aux pesticides (3/4)	Coûts de la protection des cultures (4/4)	
				Valeur de la production (2/4)		
				Dépendance à la main d'oeuvre (2/4)	Valeur de la production (2/4)	
		Temps de travail (2/4)				
	Risques liés à l'investissement	Besoin en équipement (1/3)				
	Disponibilité en ressources financières (3/3)					
	Durabilité sociale (4/5)	Liens avec la filière et le marché (4/5)	Accès aux équipements et aux intrants (4/4)			
			Accès aux connaissances (2/2)			
			Accès aux marchés (2/4)	Satisfaction vis-à-vis du marché visé (2/3)		
		Prix de vente (2/4)				
		Arboriculteur et employés permanents (4/5)	Difficultés de gestion du système (4/4)	Complexité du système (3/3)		
				Régularité de distribution de la charge de travail (3/3)		
				Difficultés à recruter de la main d'oeuvre (2/3)		
			Niveau technique (3/3)	Connaissances et compétences de l'arboriculteur et de ses employés (3/3)		
				Accès aux connaissances (2/2)		
			Risques pour la santé (4/4)	Difficultés physiques et pénibilité du travail (3/4)		
		Risques liés à l'utilisation de pesticides (4/4)	Précautions phytosanitaires et produits dangereux (3/4)			
			IFT _{total} hors NODU vert (4/4)			
		Satisfaction (2/5)	Satisfaction vis-à-vis du marché visé (2/3)			
		Stabilité (2/5)				
Interactions avec la société (3/4)		Accessibilité sociale du produit pour les consommateurs (2/2)				
		Contribution à l'emploi (3/4)				
	Temps de travail (2/4)					
	Acceptabilité du système par la société et le voisinage (2/3)	Acceptabilité de la stratégie par la société (2/3)				
		Perturbations pour le voisinage (1/2)				
Transfert de connaissances vers la société (3/3)						
Valeur sociale du paysage (2/3)						

Annexe 7 : Résultats des notations des niveaux d'attaques de tavelure, carpocapses et tordeuses, pucerons cendrés et lanigères pour les SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour 2013 et 2014.

SdC	Année	Fruits tavelés (%)	Pousses tavelées (%)	Fruits touchés par carpo/tordeuses (%)	Pousses touchées par p. cendrés (%)	Pousses touchées par p. lanigères (%)	Indicateur état sanitaire du verger
CEHM BASE AB 2	2013	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise
CEHM BASE 1	2013	0,2	0	0,1	15,5	9,5	Maîtrise moyenne
CEHM ECOPHYTO AB	2013	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise
CEHM ECOPHYTO 1	2013	0	0	0	6,5	0	Bonne maîtrise
CEFEL BASE 1	2013	0,25	16	0,25	0,25	0	Bonne maîtrise
CEFEL BASE 2	2013	0	0	4	1,25	5	Maîtrise insuffisante
CEFEL ECOPHYTO 1	2013	15,5	95,75	2,75	0	0	Maîtrise insuffisante
CEFEL ECOPHYTO 2	2013	0	0	1	4	6,75	Bonne maîtrise
Ctifl BASE 1	2013	0,87	1,25	0,12	0	0	Bonne maîtrise
Ctifl BASE 2	2013	0	0	0,37	0	0	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 1	2013	0	0	0	4	0	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 1bis	2013	3	0,33	0	4	0	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 2	2013	0	0	0,25	43	0	Maîtrise moyenne
Invenio BASE 1	2013	0,1	4	0,1	0	0	Bonne maîtrise
Invenio ECOPHYTO 1	2013	20	60	0	0	0	Maîtrise insuffisante
La Morinière BASE 1	2013	2,5	23	0,2	0	0	Bonne maîtrise
La Morinière BASE 2	2013	0	0	0,8	0	0	Bonne maîtrise
La Morinière AB 2	2013	0	0	0,6	3	0	Maîtrise insuffisante
La Morinière ECOPHYTO 1	2013	0	9	2,75	0	0	Maîtrise insuffisante
La Morinière ECOPHYTO 2	2013	0	0	0,4	0	0	Bonne maîtrise
La Morinière ECOPHYTO 2'	2013	0	0	1,2	0	0	Bonne maîtrise
La Pugère BASE 1	2013	0	0,3	0	0	0	Bonne maîtrise
La Pugère ECOPHYTO 1	2013	0	1,33	0	0	0	Bonne maîtrise
La Pugère ECOPHYTO 2	2013	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise

SdC	Année	Fruits tavelés (%)	Pousses tavelées (%)	Fruits touchés par carpo/tordeuses (%)	Pousses touchées par p. cendrés (%)	Pousses touchées par p. lanigères (%)	Indicateur état sanitaire du verger
CEHM BASE AB 2	2014	0	0	0,7	10	0	Maîtrise moyenne
CEHM BASE 1	2014	0	0	0,6	2	2	Bonne maîtrise
CEHM ECOPHYTO AB	2014	0	0	0,2	21	0	Maîtrise moyenne
CEHM ECOPHYTO 1	2014	0	0	0,1	1	3	Bonne maîtrise
CEFEL BASE 1	2014	12	6,75	0,6	0	6,5	Maîtrise insuffisante
CEFEL BASE 2	2014	0	0	3,6	2	0	Maîtrise insuffisante
CEFEL ECOPHYTO 1	2014	7,75	9	0,2	2,5	31	Maîtrise insuffisante
CEFEL ECOPHYTO 2	2014	0	0	1,6	4,5	0	Bonne maîtrise
Ctifl BASE 1	2014	0	0	1	1	0	Bonne maîtrise
Ctifl BASE 2	2014	0	0	0	1	0	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 1	2014	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 1bis	2014	0,5	0,3	0	0	2,7	Bonne maîtrise
Ctifl ECOPHYTO 2	2014	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise
Invenio BASE 1	2014	0,9	2,3	0	0,4	0	Bonne maîtrise
Invenio ECOPHYTO 1	2014	16,6	91	0	0,6	0	Maîtrise insuffisante
La Morinière BASE 1	2014	0,2	0,05	0,4	0	0	Bonne maîtrise
La Morinière BASE 2	2014	0	0	1,2	0	0	Bonne maîtrise
La Morinière AB 2	2014	0	0	0	59	0	Maîtrise moyenne
La Morinière ECOPHYTO 1	2014	0	0	0	2,5	0	Bonne maîtrise
La Morinière ECOPHYTO 2	2014	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise
La Morinière ECOPHYTO 2'	2014	0	0	0	0	0	Bonne maîtrise
La Pugère BASE 1	2014	0	0,2	0,4	0	0	Bonne maîtrise
La Pugère ECOPHYTO 1	2014	0,23	0,33	0	3,33	0	Bonne maîtrise
La Pugère ECOPHYTO 2	2014	0	0	0,2	7,5	0	Bonne maîtrise

Seuil dépassé

Annexe 8 : Récapitulatif des codes attribués dans le cadre de la proposition de typologie Efficience-Substitution-Reconception (Hill S. B., MacRae R. J., 1996) pour chaque SdC du réseau national Expé Ecophyto Pomme.

Site	SdC	Code
CEHM	BASE AB 2	eSr
	BASE 1	es
	AB 2	esR
	ECOPHYTO 1	esr
Ctifl	BASE 1	es
	BASE 2	esr
	ECOPHYTO 1	SR
	ECOPHYTO 1bis	Esr
	ECOPHYTO 2	eSR
CEFEL	BASE 1	es
	BASE 2	esr
	ECOPHYTO 1	esr
	ECOPHYTO 2	eSR
Invenio	BASE 1	es
	ECOPHYTO 1	ESr
La Pugère	BASE 1	es
	ECOPHYTO 1	Esr
	ECOPHYTO 2	EsR
La Morinière	AB 2	eSR
	BASE 1	es
	BASE 2	esr
	ECOPHYTO 1	eS
	ECOPHYTO 2	eSr
	ECOPHYTO 2'	eSR

	Groupe ES
	Groupe R1
	Groupe R2

Annexe 9 : Réduction d'IFT_{total} hors NODU Vert des SdC du réseau Expé Ecophyto Pomme pour les campagnes 2013 et 2014.

	SdC (variété)	Objectif du projet	2013	2014
			% de réduction de l'IFT _{total} hors NODU Vert/ SdC BASE en variété sensible du site	% de réduction de l'IFT _{total} hors NODU Vert/ SdC BASE en variété sensible du site
CEFEL	BASE 2 (Ariane)	15 à 30%	43% /Base Fuji	32% /Base Fuji
	ECOPHYTO 1 (Fuji)	50%	22% / Base Fuji	12% / Base Fuji
	ECOPHYTO 2 (Ariane)	50 à 70%	54% /Base Fuji	66% /Base Fuji
CEHM	ECOPHYTO 1 (Granny)	50%	33% / Base Granny	26% / Base Granny
	BASE (Akane, Crimson, Opal)	15 à 30%	-	61% / Base Granny
	ECOPHYTO (Akane, Crimson Opal)	60 à 70%	35% / Base Granny	68% / Base Granny
Ctif	BASE 2 (Ariane)	15 à 30%	48% / Base Gala	46% / Base Gala
	ECOPHYTO 1 (Gala)	50%	76% / Base Gala	76% / Base Gala
	ECOPHYTO 2 (Ariane)	70%	76% / Base Gala	70% / Base Gala
	ECOPHYTO 1bis (Gala)	<i>pas d'objectif</i>	11% / Base Gala	19% / Base Gala
Invenio	ECOPHYTO 1 (Golden)	50%	- 4% / Base Golden	17% / Base Golden
La Pugère	ECOPHYTO 1 (Golden)	30 à 50%	73% / Base Golden	59% / Base Golden
	ECOPHYTO 2 (Crimson)	50 à 70%	87% / Base Golden	77% / Base Golden
La Morinière	BASE 2 (Ariane)	15 à 30%	28% / Base Gala	2% / Base Gala
	ECOPHYTO 1 (Gala)	30 à 50%	42% / Base Gala	29% / Base Gala
	ECOPHYTO 2 (Ariane)	60 à 70%	64% / Base Gala	36% / Base Gala
	ECOPHYTO 2' (Ariane)	50 à 60%	70% / Base Gala	48% / Base Gala
	AB 2 (Ariane)	60 à 70%	51% / Base Gala	34% / Base Gala

	objectif non atteint
--	----------------------

	<p>Diplôme : Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, horticoles et du paysage</p> <p>Spécialité : Sciences et Productions Végétales</p> <p>Spécialisation / option : Ingénierie des Agrosystèmes</p> <p>Enseignant référent : Philippe LETERME</p>
<p>Auteur(s) : Agnès SALAÜN</p> <p>Date de naissance* : 22/01/1992</p>	<p>Organisme d'accueil : Ctifl, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, centre de Lanxade</p>
<p>Nb pages : 25 Annexe(s) : 9 (17 p.)</p>	<p>Adresse : 28 Route des Nébouts 24130 Prignonrieux</p>
<p>Année de soutenance : 2015</p>	<p>Maître de stage : Franziska ZAVAGLI</p>
<p>Titre français : Evaluation multicritère de systèmes de culture en verger de pommiers dans le cadre du réseau national Expé Ecophyto Pomme</p>	
<p>Titre anglais : Multicriteria evaluation of apple orchard system in relation to the national network Expé Ecophyto Pomme</p>	
<p>Résumé :</p> <p>Face aux nouveaux enjeux environnementaux de l'agriculture, le plan Ecophyto est mis en place en 2008 pour réduire de 50% l'usage des produits phytosanitaires en France.</p> <p>Dans ce contexte, le réseau national Expé Ecophyto Pomme est lancé en 2012 pour 6 ans. Son objectif est d'étudier et de proposer des systèmes de culture en production de pommes à couteau permettant de limiter l'emploi de produits phytosanitaires, tout en maintenant un produit de qualité et la viabilité des exploitations.</p> <p>Pour cela, des évaluations multicritères sont réalisées à l'aide d'indicateurs pour chacun des 24 systèmes de culture, localisés sur 6 sites expérimentaux. Les difficultés de ces évaluations résident dans le caractère multi-site (réseau national) et pluriannuel (plusieurs campagnes de production) mais aussi dans le manque de références chiffrées pour interpréter les indicateurs. Le but de cette étude est donc de proposer des méthodes d'évaluations de systèmes de culture prenant en compte ces éléments.</p> <p>Un indicateur qualitatif « Etat sanitaire du verger » est proposé pour évaluer le degré de maîtrise de la pression des bio-agresseurs sur les systèmes de culture. Selon les leviers techniques qu'ils mobilisent, les systèmes de culture ont été caractérisés, à partir de la typologie des pratiques agricoles de Hill et MacRae, pour offrir un nouveau cadre de lecture des résultats. Deux méthodes d'évaluations ont été travaillées : une méthode à l'aide d'indicateurs non agrégés et une méthode d'évaluation agrégée avec DEXiFruits. Les propositions méthodologiques de cette étude constitueront la base des comptes-rendus techniques et de la communication du réseau national Expé Ecophyto Pomme pour les prochaines années.</p>	
<p>Abstract :</p> <p>Because of new environmental issues in agriculture, the "Ecophyto plan" was implemented in 2008 to reduce the use of phytosanitary products in France for at least 50 %.</p> <p>In this context, the national apple network called "Expé Ecophyto Pomme" was set up in 2012 for 6 years. The objective is to study and propose apple production systems with the aim to limit phytosanitary applications, but also to maintain fruit quality and viability for the fruit farms.</p> <p>For this, multicriteria evaluations are realized with indicators for each of the 24 production systems, located on 6 experimental sites. The difficulty of these evaluations results from the multisite (national network) and multiannual (several production years) approach but also by the lack of references to measure the indicators. The purpose of this study is to propose evaluation methods for production systems taking into account these elements.</p> <p>A qualitative indicator "the sanitary state of the orchard" is proposed to estimate how pests and diseases have been managed by the production system. Furthermore, according to the technical strategies and methods which have been introduced by the production systems, they were characterized with the Hill and MacRae's typology of agricultural practices, to give a new way to analyze production system results. Two evaluation methods were studied: a method with no aggregated indicators and an aggregated evaluation method named DEXiFruits.</p> <p>The methodological proposals of this study will constitute the basis of the technical reports and communication of the national apple network "Expé Ecophyto Pomme" for the next years.</p>	
<p>Mots-clés : Système de culture, indicateurs, durabilité, verger de pommiers, DEPHY EXPE</p>	
<p>Key Words: orchard system, indicators, sustainability, apple, DEPHY EXPE</p>	