



Projet : BioREco - Méthodologie et expérimentation système pour la réduction de l'utilisation des pesticides en vergers de pommiers

Site : INRA Gothéron

Localisation : Gothéron 26320 ST-MARCEL-LES-VALENCE
(44.977305, 4.929933)

Système DEPHY : ECO Ariane

Contact : Sylvaine SIMON (sylvaine.simon@inra.fr)



Localisation du système (▲)
(autres sites du projet △)

**ECO Ariane : verger de pommiers
résistant à la tavelure et économe
en produits phytosanitaires**

Site : Unité Expérimentale INRA
Gotheron (Drôme)

Durée de l'essai : 2005-2015

Espèce : Pommier

Conduite : Conventionnelle

Circuit commercial : Long

Valorisation : Frais

Dispositif expérimental : parcelle de
0.4 ha, pas de répétition spatiale

Système de référence : Système
Raisonné ('RAI') présent sur le site
(mêmes variété et porte-greffe, date
et distance de plantation) et piloté
selon les pratiques régionales

Type de sol : terrasses anciennes du
Rhône (Diluvium alpin), sols peu
profonds (40-50 cm), caillouteux et
lessivés

Origine du système

Le projet BioREco vise à réaliser une **analyse multicritère** (agronomique, environnementale, technico-économique...) de systèmes de production de pommes combinant plus ou moins de leviers d'action contre les **principaux bio-agresseurs du pommier** (puceron cendré *Dysaphis plantaginea*, carpocapse *Cydia pomonella*, tavelure *Venturia inaequalis*...), dans l'objectif de **réduire l'IFT en verger**.

Ce système 'Econome en intrants' implanté avec la variété Ariane (ECO Ariane), **résistante aux races communes de tavelure**, vise à **réduire d'au moins 50% l'IFT** par rapport à la référence (Conventionnel Raisonné RAI), pour un **niveau et une qualité de production équivalents**.

Objectif de réduction d'IFT



Par rapport au système de référence
sur site (Conventionnel Raisonné)

Mots clés

Pommier - Combinaison de leviers -
Variété résistante à la tavelure -
Evaluation du risque de dégâts -
Lutte biologique - Prophylaxie -
Désherbage mécanique -

Stratégie globale

Efficiences ★★★★★
Substitution ★★★★★
Reconception ★★★★★

Efficiences : amélioration de l'efficacité des traitements

Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif

Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires



Le mot du pilote de l'expérimentation

« La réduction de l'utilisation des pesticides est un enjeu majeur en arboriculture fruitière. Dans l'objectif de concevoir et expérimenter des systèmes économes en intrants assurant une production de qualité, nous avons combiné un matériel végétal **résistant à la tavelure**, un **ensemble de méthodes alternatives** aux pesticides et une **évaluation fine du risque** de dégâts. L'idée est d'illustrer l'importance de **combiner un ensemble de leviers** d'action en vue de produire autrement, démarche à **adapter au contexte** de chaque parcelle et de chaque exploitation agricole. » S. Simon

Caractéristiques du système

Espèce	Variété	Porte-greffe	Mode de conduite	Distance de plantation	Année implantation vigne
Pommier	Ariane INFEL® 6407	PI80 INFEL® 6275	Axe, conduite centrifuge	5 x 2 m rangs Nord-Sud	2005

Système d'irrigation : irrigation localisée (mini-diffuseurs), surélevée pour permettre le désherbage mécanique ; la faible réserve du sol demande de fractionner les apports.

Gestion de la fertilisation : fumure mixte organo-minérale avec apport hivernal de compost et apports d'engrais minéral au printemps selon besoins (fractionnement).

Palissage : le verger est palissé, sa hauteur est de 3,5 m environ.

Rang/inter-rang : l'inter-rang du verger est enherbé et la bande désherbée mécaniquement sur le rang n'excède pas 1,6 m.

Infrastructures agro-écologiques : des haies composites anciennes (plantations 1980-1990) sont implantées au Nord et au Sud du dispositif en tant que brise-vent ; elles constituent un habitat semi-naturel qui contribue à fournir des ressources pour les auxiliaires.



Verger ECO Ariane
Crédit photo : INRA © Gotheron

Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de 3 ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux
Rendement Avoir un rendement équivalent au système de référence dans nos conditions de sol et climat (environ 50 t/ha)	Maîtrise des adventices Pas de concurrence en verger jeune, tolérance de l'herbe en verger âgé	IFT total Réduire de 50 % l'IFT total et privilégier les méthodes de biocontrôle
Qualité Avoir une qualité équivalente à celle du système de référence (répondre aux critères des circuits de commercialisation longs)	Maîtrise des maladies - Tavelure : prévenir le contournement / Pas de tavelure en fin de contamination primaire	IFT herbicide IFT herbicide = 0
	Maîtrise des ravageurs - Présence du puceron cendré tolérée mais pas de dégâts sur fruits - Contrôle du carpocapse	IFT fongicide Limiter la prise de risque
		IFT insecticide Privilégier les méthodes de biocontrôle
		Biodiversité Préserver les auxiliaires et leurs ressources

A la plantation (2005), aucun objectif d'IFT n'avait été défini a priori, l'idée étant i) de mesurer l'économie en produits phytosanitaires réalisée en combinant un ensemble de méthodes de substitution et un choix de variété résistante à la tavelure et ii) d'évaluer les effets de cette réduction pour un ensemble de critères (environnemental, agronomique et technico-économique, organisationnel, faisabilité...).

Résultats sur les campagnes de 2012 à 2015

Légende : Le dispositif BioREco combine 3 systèmes de protection et 3 variétés, soit 9 parcelles.

Système : ECO = Econome en intrants ; Biologique ; RAI = Conventionnel Raisonné (référence) ;

Résistance variétale : Smoothie = sensible à la tavelure ; Melrose = peu sensible aux maladies : tavelure, oidium ; Ariane = résistante aux races communes de tavelure.

Pour illustrer le poids de la variété au sein des différents systèmes, il a été fait le choix de présenter également les autres systèmes ECO (ECO Melrose, ECO Smoothie) et RAI Smoothie. Pour mémo, le verger, implanté en 2005, est en pleine production depuis 2009.

> Maîtrise des bioagresseurs

Le contournement de la résistance à la tavelure en 2012 s'accompagne à partir de 2013 d'une augmentation des IFT fongicides, ce qui permet de

contrôler les dégâts sur fruits à la récolte y compris les années de forte pression tavelure (2013 : 32% de fruits tavelés dans RAI Smoothie). Le **contrôle des autres bioagresseurs est satisfaisant** quelle que soit l'année. Seul le **puceron cendré** occasionne quelques dégâts en 2015.

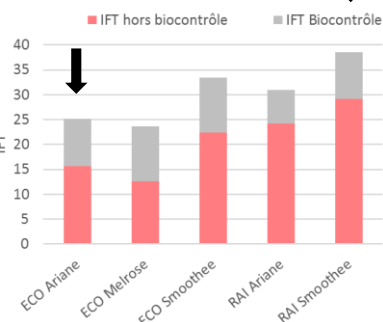
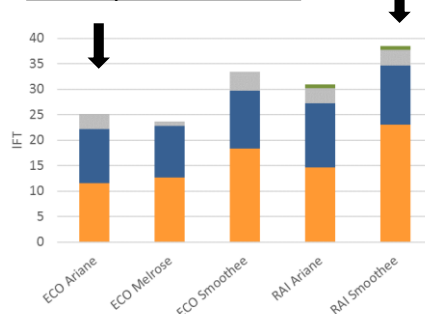
ECO Ariane	2012	2013	2014	2015	moyenne
tavelure	😊	😊	😊	😊	😊
carpocapse	😊	😊	😊	😊	😊
puceron cendré	😊	😊	😊	😞	😊

> Utilisation des produits phytopharmaceutiques

Par rapport à la référence RAI Smoothie (type Golden), la réduction de l'utilisation des pesticides est de **35%** pour l'IFT total et de **46%** pour l'IFT 'chimique' (IFT hors biocontrôle).

Les **fongicides** sont réduits de **50%** et l'IFT **insecticide** est exclusivement en **biocontrôle** pour la gestion du carpocapse.

IFT - Moyenne 2012-2015



> Performances agronomiques

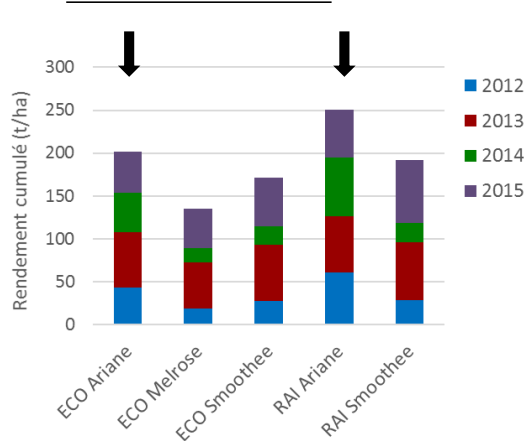
Ariane est **régulière** en production et la variété la **plus productive** quel que soit le système, pour un calibre moyen.

Le différentiel de **rendement** entre RAI Ariane et ECO Ariane est de **-19%** sur la période 2012-2015.

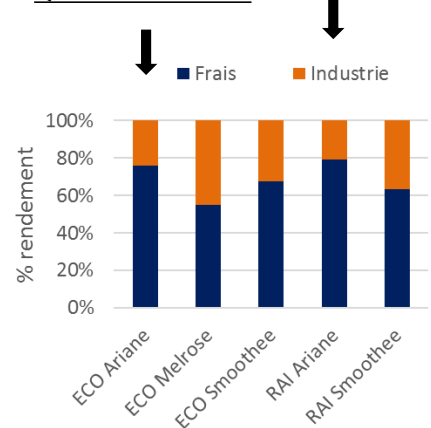
La **qualité est équivalente** dans les 2 systèmes (79% et 76% de 1^{er} choix, respectivement), pour des déclassements de fruits principalement dus à des petits calibres et quelques défauts cosmétiques (russeting).

Période 2012-2015

Rendement total cumulé

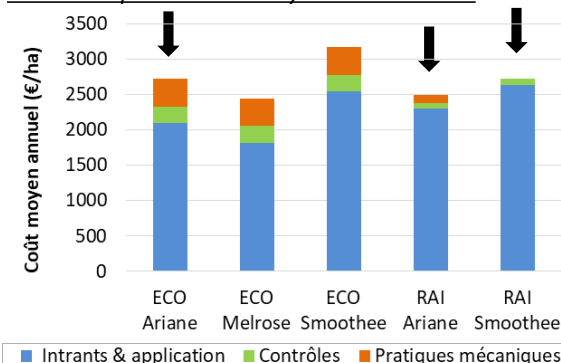


Qualité de la récolte



> Performances technico-économiques

Coût de la protection - Moyenne 2012-2015



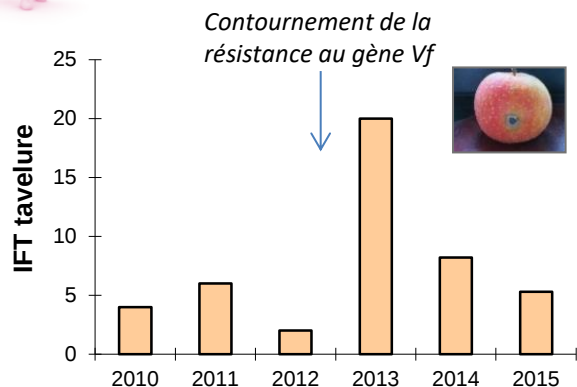
Le **coût de protection** est lié à la **variété** et aux **pratiques**.

La diminution du nombre d'applications de pesticides compense en partie le surcoût/ha de protection lié à la **mécanisation**, à l'utilisation de **méthodes alternatives** et à la réalisation de **contrôles en verger**. Ce **surcoût** pour ECO Ariane représente **0.015 €/kg** de pomme produit par rapport à RAI Ariane (même coût de protection/kg que RAI Smoothie). A noter l'absence de revalorisation des fruits issus de systèmes bas-intrants en circuit de commercialisation long.

Les coûts incluent intrants, temps de machinisme (barème d'entraide agricole), temps de main d'œuvre (opérations manuelles, mécaniques et contrôles).



Zoom sur le contournement de la résistance à la tavelure



Le contournement de la résistance à la tavelure s'est accompagné d'une **utilisation accrue des fongicides** (pouvant inclure la période de contamination secondaire) et d'une **augmentation des dégâts sur fruits** certaines années, en particulier en agriculture biologique. Le choix d'une variété à **résistance monogénique** demande de **prévenir le risque de contournement** (protection des risques de contamination primaire importants, prophylaxie). Selon la génétique de la variété, le comportement après contournement est plus ou moins proche de celui d'une **variété sensible** ; la gestion de la tavelure reste malgré tout globalement facilitée en période de contamination primaire et **prophylaxie**.

Transfert en exploitations agricoles

Si le choix variétal ne peut être modifié en verger installé (hors surgreffage), la **sensibilité aux maladies et au puceron cendré** sont des **critères importants à considérer à la plantation** : ils conditionnent l'ampleur des efforts à réaliser pour contrôler ces bio-agresseurs en verger et optimisent l'efficacité de méthodes de protection à effet partiel (ex. prophylaxie tavelure).

Parmi les méthodes de substitution, le **désherbage mécanique** avec un outil spécifique à disques, utilisable en sol caillouteux, suppose d'installer l'irrigation en hauteur. Les opérations de buttage/débuttage permettent de contrôler les adventices avec des passages réguliers en verger jeune, et une fréquence moindre en verger âgé. Ceci permet par ailleurs **d'enfouir les feuilles sur le rang** d'arbres en fin d'automne, à compléter par un **balayage ou un broyage sur l'inter-rang**, en vue de réaliser une **prophylaxie** maximale par rapport à la tavelure. La stratégie de protection contre la tavelure repose sur l'utilisation de modèles **d'évaluation du risque de contamination** couplés à une station météorologique, pour réaliser des interventions préventives au plus près des pluies pouvant entraîner une contamination : **l'accès à l'information** en temps réel et la **possibilité d'intervenir rapidement** sont déterminants. La **confusion sexuelle**, le **virus de la granuloase** et les **nématodes** utilisés contre les larves hivernantes permettent une gestion du carpocapse avec des moyens de biocontrôle, sous réserve de réaliser des observations tout au long de la saison (pièges, contrôles sur fruits) afin de connaître les périodes à haut risque et de détecter rapidement un éventuel 'décrochage'. Les **suivis réguliers** réalisés en verger (pucerons, acariens, carpocapse, tavelure, oïdium, zeuzère... et auxiliaires) permettent enfin de n'intervenir que quand le **risque de dégâts** est réel.

→ Toutes ces méthodes sont **accessibles et utilisables** en exploitation agricole. Cependant, **l'accès à l'information** (modèles, suivis), ou encore la **structure et la taille** du verger (interventions réalisées au plus près des risques de contamination) peuvent en revanche constituer des **freins** à l'adoption des stratégies de ce système.

Pistes d'améliorations du système et perspectives

Le système proposé optimise l'utilisation d'un **ensemble de méthodes** pour gérer la protection du verger planté avec une **variété résistante à la tavelure** dont la résistance a été contournée. Il vise par ailleurs à **préserver les auxiliaires** par une économie et un choix de produits de protection, et une gestion 'minimaliste' de l'herbe (tontes peu fréquentes), au sein d'un paysage diversifié. L'approche pourrait être complétée par l'introduction dans le **système de ressources plus diversifiées** et/ou présentes en début et fin de saison pour les **auxiliaires**, ou l'implantation de **plantes répulsives** vis-à-vis du puceron cendré (périodes cibles : éclosion, vol retour).

L'intérêt du système est également de questionner par rapport aux **variétés** disponibles et leur **sensibilité à différents bio-agresseurs**, à **l'accès à la formation et à l'information** (évaluation des risques, temps dédié pour combiner différentes informations...) et à **l'organisation et l'équipement** nécessaires pour intervenir dès risque de dégâts. Enfin, au-delà du 'design' du verger et des pratiques, le **système de commercialisation** reste une composante à part entière de la réduction de l'utilisation des pesticides, afin de valoriser des standards de fruits différents (variétés, cosmétique) et issus de vergers plus complexes à gérer.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

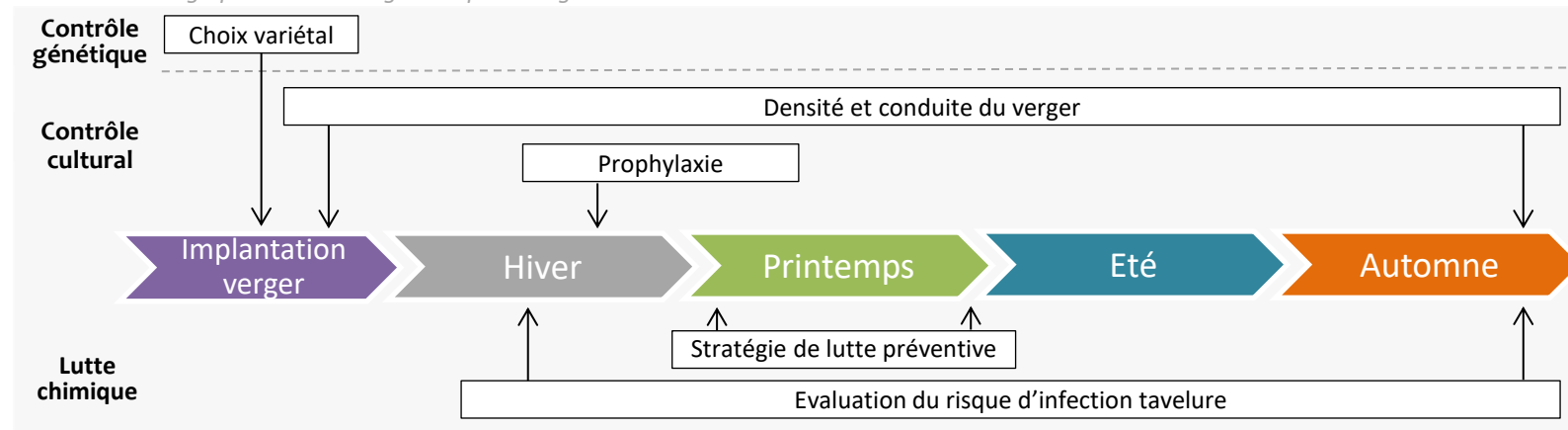
Document réalisé par **Sylvaine Simon**
INRA Gotheron 26320 Saint-lès-Valence



Stratégie de gestion des maladies



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des maladies.



Maladies cibles : tavelure

Objectifs :

- Limiter le risque de contournement de la résistance à la tavelure
- si contournement : peu/pas de tâches en fin de contamination primaire pour arrêt protection

Leviers

Principes d'action

Enseignements

Choix variétal	Variété résistante aux races communes de tavelure. Permet d'adopter des stratégies très économes en fongicides même si des applications restent nécessaires contre l'oïdium et pour limiter le risque de contournement de la résistance monogénique.	Le contournement de la résistance monogénique (gène Vf) implique pour Ariane une protection proche de celle d'une variété sensible en période de contamination primaire. Peu de variétés présentant une résistance polygénique (moins susceptible d'être contournée) sont disponibles dans la gamme variétale.
Densité et conduite du verger	Faible densité et conduite centrifuge pour un verger « aéré ». Permet de limiter la durée d'humectation du feuillage par la densité de plantation et l'aération au centre de l'arbre (conduite centrifuge, puits de lumière).	Ces choix de conduite sont réalisés car ils sont bénéfiques à la qualité des fruits, notamment pour la coloration. L'effet de réduction partielle de la pression maladie est un plus.
Prophylaxie	Détruire la litière foliaire dans laquelle se conserve la tavelure en hiver pour diminuer fortement l'inoculum de la parcelle et limiter le risque d'apparition de souches qui contournent la résistance.	Une prophylaxie maximum consiste à balayer et enlever les feuilles sur l'inter-rang (balayeuse type espaces verts), et à les enfouir sur le rang. Intérêt d'enfouir le compost en même temps si période d'épandage (cf gestion adventices).
Evaluation du risque d'infection tavelure	Evaluer le risque d'infection en fonction des conditions météorologiques (modèle - courbes de Mills), de l'inoculum de la parcelle (contrôle automne, projections) et de la sensibilité variétale (modèle Olivier)	Permet de supprimer des traitements, tout en contrôlant la maladie dans le verger. Cette stratégie demande toutefois un environnement spécifique (station météo, modèles) et du temps pour gérer les informations.
Stratégie de lutte préventive	Fongicides de synthèse et soufre (alternance des substances actives) en fonction des seuils (contrôles, modèles). Curative si en défaut.	L'oïdium peut demander une protection spécifique selon les années.



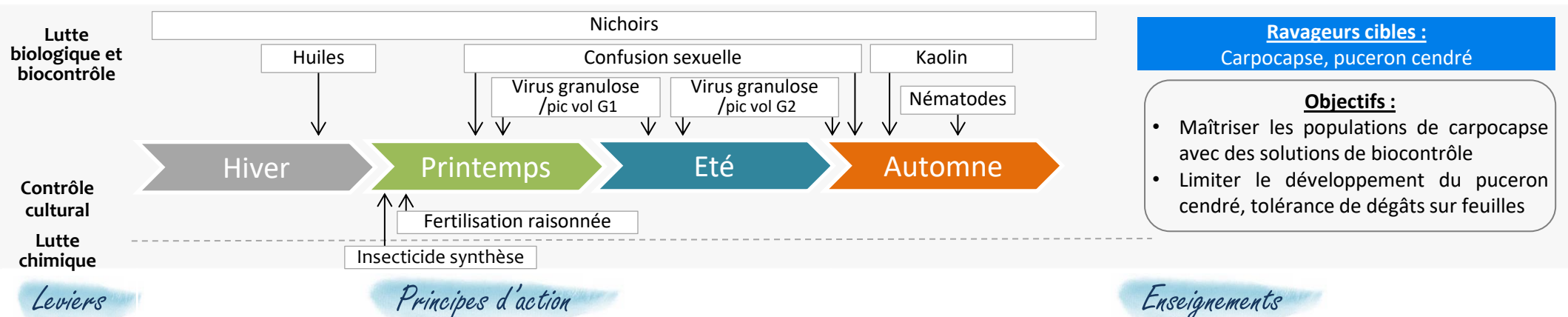
Litière foliaire sur le rang avant enfouissement.
Crédit photo: INRA Gotheron.

Stratégie de gestion des ravageurs



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs.

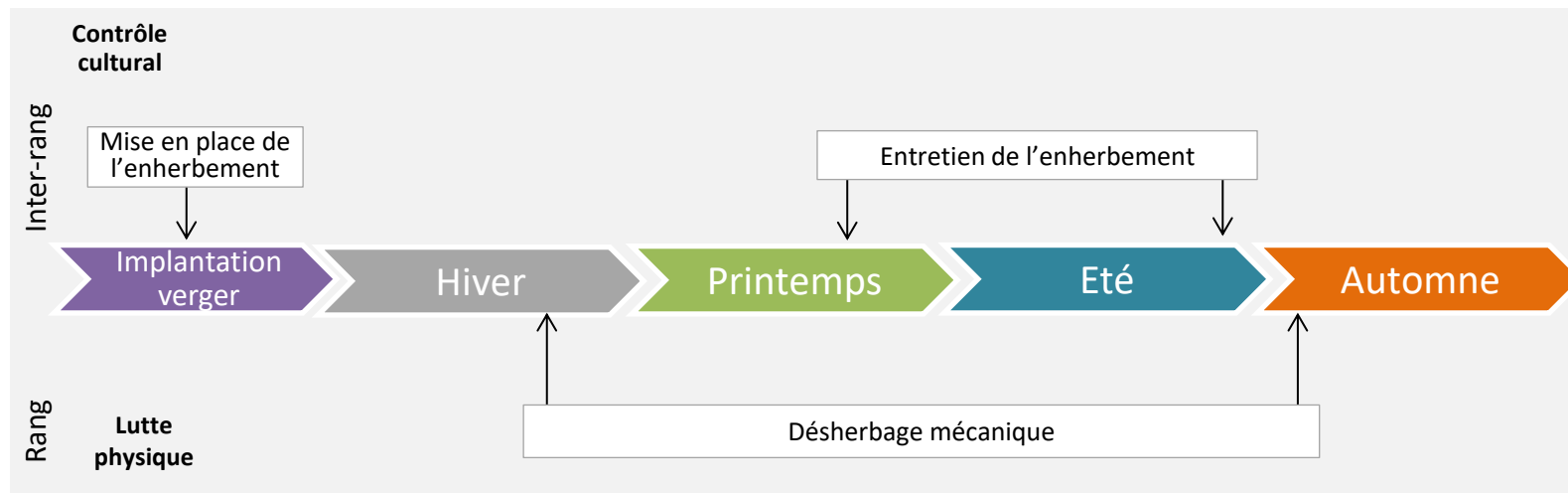
En complément : Les autres ravageurs présents dans ce verger sont les campagnols gérés avec des pièges à guillotine. Le site présente par ailleurs un environnement diversifié (jachères, bois, haies) favorable aux auxiliaires (oiseaux, arthropodes) et des nichoirs à mésange sont installés dans le verger. Cet environnement est commun à tous les systèmes expérimentés.



Confusion sexuelle	La phéromone diffusée perturbe la communication entre insectes et la reproduction, ce qui diminue les pontes en verger à faibles populations. Selon les modèles, 500 à 1000 diffuseurs/ha sont installés dans le verger avant les 1ères émergences de carpocapses.	L'installation dans le haut des arbres se réalise facilement avec une plateforme ou une canne. Diffusion couvrant les 2 générations sur le site. Nécessite des contrôles en verger pour surveillance, mais souplesse par rapport à une protection chimique (pas de lessivage)
Virus granulose	Le virus ingéré par les larves de carpocapse entraîne leur mort. Les interventions sont positionnées lors des pics d'éclosion, en fonction des dégâts (seuil). Alternier les isolats de granulose entre générations pour prévenir l'apparition de résistance ou choisir les isolats de granulose adéquats si résistance	Efficacité de la combinaison confusion sexuelle – virus de la granulose dans la situation expérimentée. Sensible aux UV et à la chaleur, la granulose doit être appliquée en tout début ou fin de journée. Nécessite des contrôles en verger pour surveillance.
Prophylaxie	Pas de fruits dans le verger après récolte pour la gestion du carpocapse	
Nématodes	Ces nématodes sont pulvérisés après récolte sur le sol et le tronc des arbres et infectent les larves de carpocapse diapausantes.	Méthode de biocontrôle complémentaire des 2 précédentes. La difficulté est d'avoir les conditions adéquates pour appliquer le produit (t° douces et humidité pendant 24h-48h selon souches).
Huiles	Leur application asphyxie les jeunes larves et gêne l'installation des colonies au printemps. Positionnement avant fleur, dans l'idéal en période de redoux.	Une ou 2 applications avant fleur n'ont pas permis de limiter à elles seules le puceron cendré, en partie en raison d'une efficacité limitée dès que les feuilles sont enroulées suite à l'infestation.
Kaolin	Son application perturbe le vol de retour du puceron cendré à l'automne (a priori plusieurs processus impliqués : aspects visuels, contact surface des feuilles).	Le vol de retour du puceron est généralement déjà commencé à la récolte, ce qui limite l'efficacité de la méthode. Un positionnement au printemps après fleur (testé en fin d'essai) retarde la progression de l'infestation dans l'arbre et donc les dégâts sur fruits.
Fertilisation raisonnée	Apports d'azote fractionnés et adaptés aux besoins de l'arbre ; apports de printemps hors période d'infestation par le puceron cendré.	Effet probablement très partiel du levier mais le fractionnement et le suivi permettent d'optimiser la nutrition de l'arbre
Insecticide de synthèse	L'utilisation de seuils permet de n'intervenir qu'en présence de pucerons.	Pas d'intervention nécessaire si présence d'ailés (migration et peu/pas de dommages si infestation tardive).

Stratégie de gestion des adventices

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des adventices.



Adventices cibles :
Pas de cible en particulier

Objectifs :

- Sur le rang : présence d'adventices tolérée (verger âgé).
- Sur l'inter-rang : couvert végétal, pas de limitation de la hauteur sauf réalisation des opérations culturales manuelles.

Leviers

Principes d'action

Enseignements

Mise en place de l'enherbement	Semis après plantation (2006) d'un mélange ray-grass/fétuque peu poussant, dans lequel se sont développées de nombreuses espèces spontanées.	Les espèces spontanées diversifient la flore du verger sans conséquence pour les travaux en verger.
Entretien de l'enherbement	Réduction du nombre de tontes, avec passages uniquement avant chantiers manuels (éclaircissage, récolte).	Une scarification du couvert végétal a été réalisée après quelques années afin de redonner de l'aération au sol.
Désherbage mécanique	Passage de disques en buttant/débuttant alternativement (3 à 4 passages/an en verger âgé) : 2 passages max. au printemps; pas de passage en été pour ne pas endommager fruits (branches basses); passage après récolte pour être en situation débuttée et faciliter l'enfouissement des feuilles après chute.	Le couplage des opérations culturales de gestion du rang, de la litière foliaire (cf prophylaxie tavelure) et d'enfouissement du compost (fertilisation) permet d'optimiser l'utilisation du machinisme et de limiter les coûts.



Passage du système à disques pour la gestion de l'herbe sur le rang



Crédit photo: INRA Gottheron.