



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

**Site : INRA Gotheron**

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

## Système DEPHY : BIO Smoothee

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



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

### BIO Smoothee: verger de pommiers AB sensible aux maladies

**Site :** unité Expérimentale INRA Gotheron (Drôme)

**Durée de l'essai :** 2005-2015

**Espèce :** pommier

**Conduite :** biologique

**Circuit commercial :** long

**Valorisation :** frais

**Signe de qualité :** AB

**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 en Agriculture Biologique (AB) implanté avec la variété Smoothee (BIO Smoothee), sensible aux maladies, 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 proches des moyennes régionales en AB**.

### Objectif de réduction d'IFT



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

### Mots clés

Pommier - Agriculture biologique -  
Variété sensible aux maladies -  
Combinaison de leviers - Evaluation du risque de dégâts - Lutte biologique - Désherbage mécanique - Prophylaxie -

### 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 AB économes en intrants assurant une production de qualité, nous avons combiné un **ensemble de méthodes alternatives** aux pesticides et une **évaluation fine du risque de dégâts**. L'idée est d'illustrer l'importance de **combinaison un ensemble de leviers d'action** en vue de produire autrement, démarche à adapter au contexte de chaque parcelle et chaque exploitation agricole. » S. Simon

## Caractéristiques du système

Espèce	Variété	Porte-greffe	Mode de conduite	Distance de plantation	Année implantation vigne
Pommier	CG 10 Yellow Delicious Smoother® INFEL® 2832	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 organique avec apport hivernal de compost et apports d'engrais organique au printemps selon besoins (fractionnement).

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

**Rang/interrang** : 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.

**Mode de production** : AB depuis plantation (2005)



Verger BIO Smoother  
Crédit photo: INRA © Gotheron

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de 3 ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux
<p><b>Rendement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoir un rendement proche des références régionales (environ 25 t/ha)</li> <li>- Limiter l'alternance de production</li> </ul>	<p><b>Maîtrise des adventices</b></p> <p>Peu/pas de concurrence en verger jeune, tolérance de l'herbe en verger âgé</p>	<p><b>IFT total</b></p> <p>Réduire de 50 % l'IFT total et privilégier les méthodes de biocontrôle</p>
<p><b>Qualité</b></p> <p>Avoir une qualité permettant de répondre aux critères des circuits de commercialisation longs (limiter la valorisation en industrie)</p>	<p><b>Maîtrise des maladies</b></p> <p>Pas de tavelure en fin de contamination primaire</p>	<p><b>IFT herbicide</b></p> <p>IFT herbicide = 0</p>
	<p><b>Maîtrise des ravageurs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence du puceron cendré tolérée</li> <li>- Contrôle des populations de carpocapse (dégâts sur fruits et populations hivernantes peu élevés au fil des saisons)</li> </ul>	<p><b>IFT fongicide</b></p> <p>Limiter la prise de risque et minimiser l'utilisation de cuivre</p>
		<p><b>IFT insecticide</b></p> <p>Privilégier les méthodes de biocontrôle</p>
		<p><b>Biodiversité</b></p> <p>Préserver les auxiliaires et leurs ressources</p>

A la plantation (2005), aucun objectif d'IFT n'avait été défini a priori, l'idée étant i) de mesurer l'économie de produits phytosanitaires réalisée en combinant un ensemble de méthodes de substitution et un mode de production en AB, 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 :** BIO = Agriculture Biologique ; RAI = Conventiel Raisonné (référence) ;

**Résistance variétale :** Smoothee = sensible à la tavelure ; Melrose = peu sensible aux maladies : tavelure, oïdium ; 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 2 autres systèmes BIO (BIO Melrose, BIO Ariane) et RAI Smoothee. Pour mémo, le verger, implanté en 2005, est en pleine production depuis 2009.

### > Maîtrise des bioagresseurs

Le contrôle de la **tavelure** est **insuffisant**, en particulier en 2013, année de **très forte pression** (32% de fruits tavelés dans RAI Smoothee, 33% dans BIO Smoothee). Ceci renvoie aux **limites** d'assurer la protection de **variétés sensibles à la tavelure en AB** avec des stratégies à base de **cuivre et soufre** en cas de contamination et de **lessivage** de la protection.

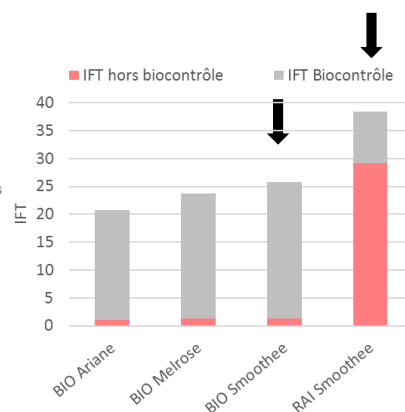
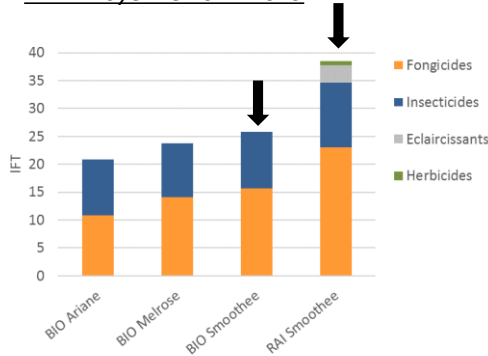
BIO Smoothee	2012	2013	2014	2015	moyenne
tavelure	☹	☹	☺	☹	☹
carpocapse	☺	☺	☺	☺	☺
puceron cendré	☺	☺	☺	☹	☺

Le contrôle des autres bio-agresseurs est satisfaisant quelle que soit l'année.

### > Performances environnementales

Par rapport à la référence RAI Smoothee, la réduction de l'utilisation des pesticides est de **33%** pour l'**IFT total** et de **95%** pour l'**IFT 'chimique'** (IFT hors biocontrôle) dans la mesure où seul le cuivre utilisé dans la parcelle n'est pas classé en produit de biocontrôle. Les **fongicides** sont réduits de **32%**.

IFT – Moyenne 2012-2015

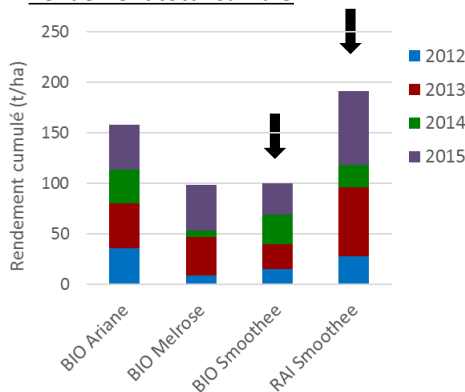


### > Performances agronomiques

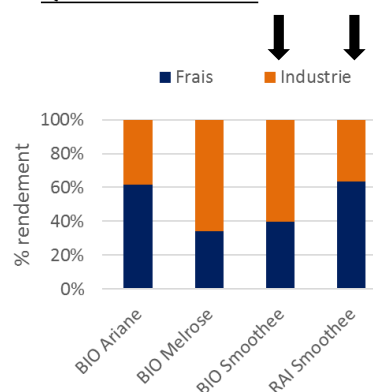
Quel que soit le système, Smoothee présente une **alternance de production**, qui est **moins marquée en AB**. Le différentiel de rendement entre RAI et BIO est de **-48%** sur la période 2012-2015. La faible proportion de fruits vendus en frais s'explique principalement par une **protection contre la tavelure non satisfaisante** amenant à **déclasser** une partie importante voire toute la récolte (2012).

Période 2012-2015

Rendement total cumulé

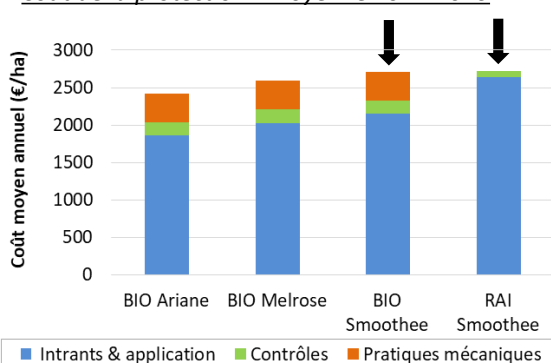


Qualité de la récolte



### > Performances technico-économiques

Coût de la protection - Moyenne 2012-2015



Le **coût de protection** varie selon les variétés et les **pratiques**.

Le **coût/ha** de protection lié à la mécanisation, à l'utilisation de méthodes alternatives et à la réalisation de contrôles en verger dans BIO Smoothee est **compensé** par la diminution d'utilisation des pesticides. Ramené au kg de pomme produit, le **coût de protection est supérieur** dans BIO Smoothee par rapport à RAI Smoothee (+0.05 €/kg), différence liée à la différence de rendement et non au coût de protection *sensu stricto*. Ce **surcoût est faible** par rapport au **différentiel de prix** de vente des fruits AB vs. conventionnels en circuit de commercialisation long (NB : le mode de production AB s'accompagne d'autres surcoûts, par ex. pour la gestion de la charge en fruits et la fertilisation).

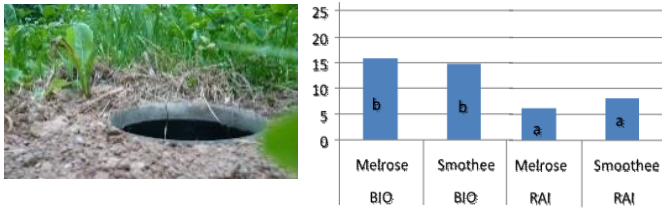
Les coûts calculés incluent intrants, temps de machinisme (barème d'entraide agricole) et temps de main d'œuvre (opérations manuelles, mécaniques et contrôles).



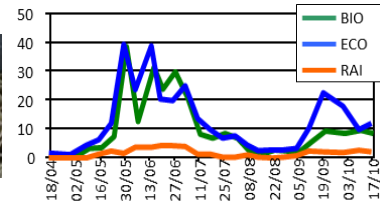
## Zoom sur le suivi de la biodiversité

Plusieurs communautés biologiques du verger ont été étudiées. Dans le système BIO Melrose, les **abondances de forficules et d'araignées du sol**, prédateurs généralistes, sont **plus élevées** que dans le système de référence (RAI).

Abondance des araignées du sol piégées par pot Barber (juin 2013)



Abondance saisonnière des forficules (Melrose 2012) mesurée dans des abris de carton ondulé sur les troncs



## Transfert en exploitations agricoles



Si le choix variétal ne peut être modifié en verger installé (hors greffage), la **sensibilité aux maladies et au puceron cendré** sont des **critères importants à considérer à la plantation en verger AB** : ils conditionnent les performances agronomiques, l'ampleur des efforts à réaliser pour protéger le 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**. Le pilotage de la tavelure repose par ailleurs sur l'utilisation de modèles **d'évaluation du risque de contamination**, couplés à une station météorologique : l'**accès à l'information** en temps réel et la **possibilité d'intervenir rapidement** sont déterminants. La **confusion sexuelle**, le **virus de la granulose** 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, carpocapse, tavelure, oidium, zeuzère... et auxiliaires) permettent enfin d'optimiser le positionnement des interventions voire d'en supprimer certaines.

→ Toutes ces méthodes sont accessibles et utilisables en exploitation agricole ; l'**accès à l'information** (modèles, suivis), ou encore la **structure et la taille** du verger (cf. 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 combine un **ensemble de méthodes** pour gérer la protection du verger AB planté avec une **variété sensible** aux maladies. Le système vise par ailleurs à **préserver les auxiliaires** par un choix de produits de protection (ex. pas de spinosad), 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 pour les auxiliaires, plus diversifiées et/ou présentes en début et fin de saison, ou encore 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, la **structure 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.

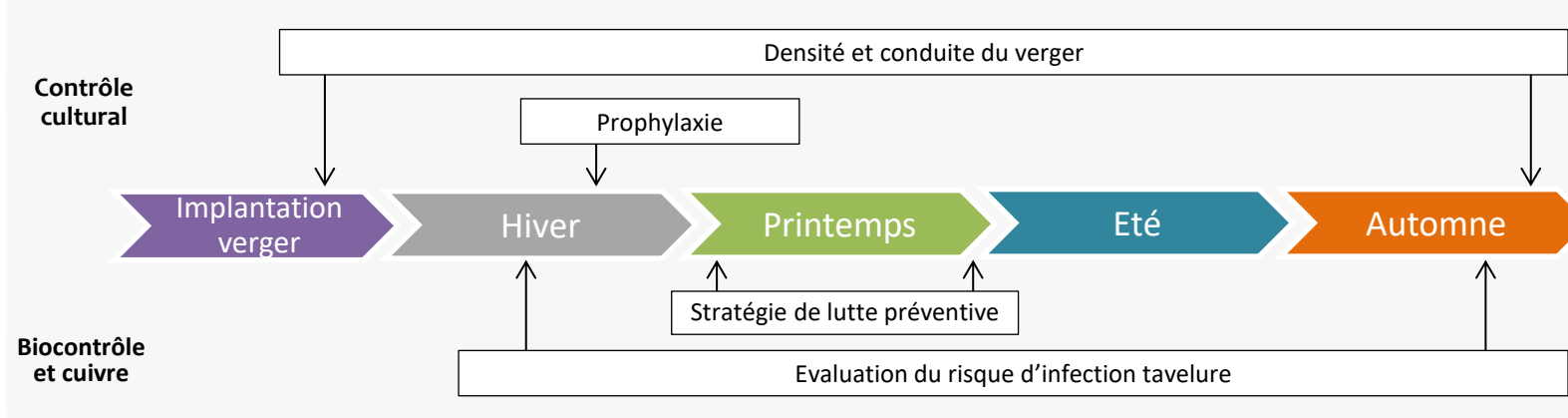
Document réalisé par **Sylvaine Simon**  
INRA Gotheron 26320 Saint-lès-Valence



# 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 :**  
Peu/pas de tâches (seuil) dans le verger en fin de contamination primaire pour arrêt protection

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Densité et conduite du verger</b>	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.
<b>Prophylaxie</b>	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).
<b>Evaluation du risque d'infection tavelure</b>	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).	Pour une variété sensible à la tavelure comme Smoothie, tous les niveaux de risques sont à protéger en période de contamination primaire. En l'absence de protection préventive avant pluie ou en cas de lessivage, l'évaluation du risque permet de savoir s'il y a ou non contamination et donc d'éviter certaines interventions curatives. Cette stratégie demande toutefois un environnement spécifique (station météo, modèles) et du temps pour gérer les informations. Les résultats agronomiques soulignent enfin les limites de cultiver une variété sensible à la tavelure telle Smoothie en AB.
<b>Stratégie de lutte préventive</b>	Protection préventive du verger: fongicides cuivre et soufre en fonction de seuils (contrôles, modèles). Curative si en défaut.	La protection contre la tavelure à base de soufre permet de gérer l'oïdium sans application spécifique.



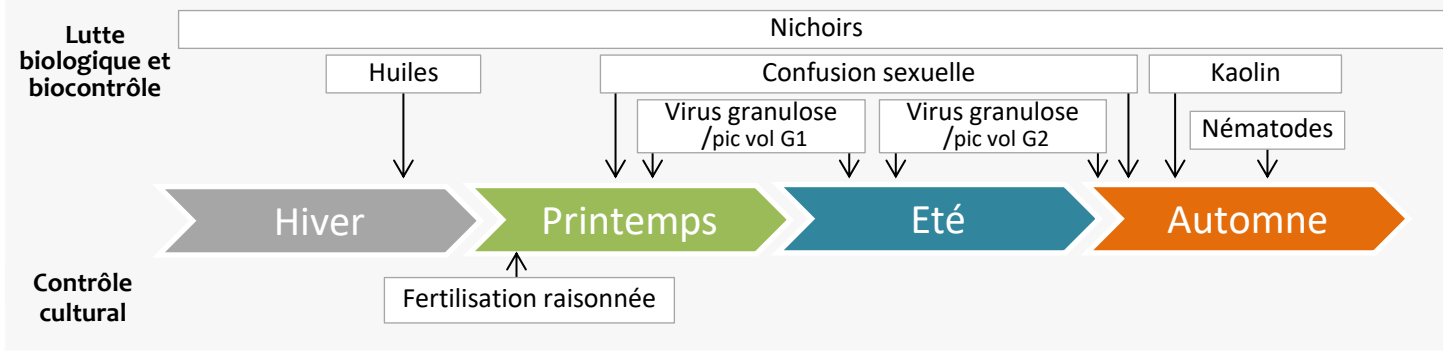
Litière foliaire sur le rang avant enfouissement.  
Crédit photo: INRA Gotheron.

# 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.



**Ravageurs cibles :**  
Carpocapse, puceron cendré

- Objectifs :**
- Maîtriser les populations de carpocapse avec des solutions de biocontrôle
  - Limiter le développement du puceron cendré, tolérance de dégâts sur feuilles

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Confusion sexuelle</b>	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)
<b>Virus granuleux</b>	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 granuloose entre générations pour prévenir l'apparition de résistance ou choisir les isolats de granuloose adéquats si résistance	Efficacité de la combinaison confusion sexuelle – virus de la granuloose dans la situation expérimentée. Sensible aux UV et à la chaleur, la granuloose doit être appliquée en tout début ou fin de journée. Nécessite des contrôles en verger pour surveillance.
<b>Prophylaxie</b>	Pas de fruits dans le verger après récolte pour la gestion du carpocapse	
<b>Nématodes</b>	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).
<b>Huiles</b>	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.
<b>Kaolin</b>	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.
<b>Fertilisation raisonnée</b>	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

Diffuseur de phéromone (confusion sexuelle)



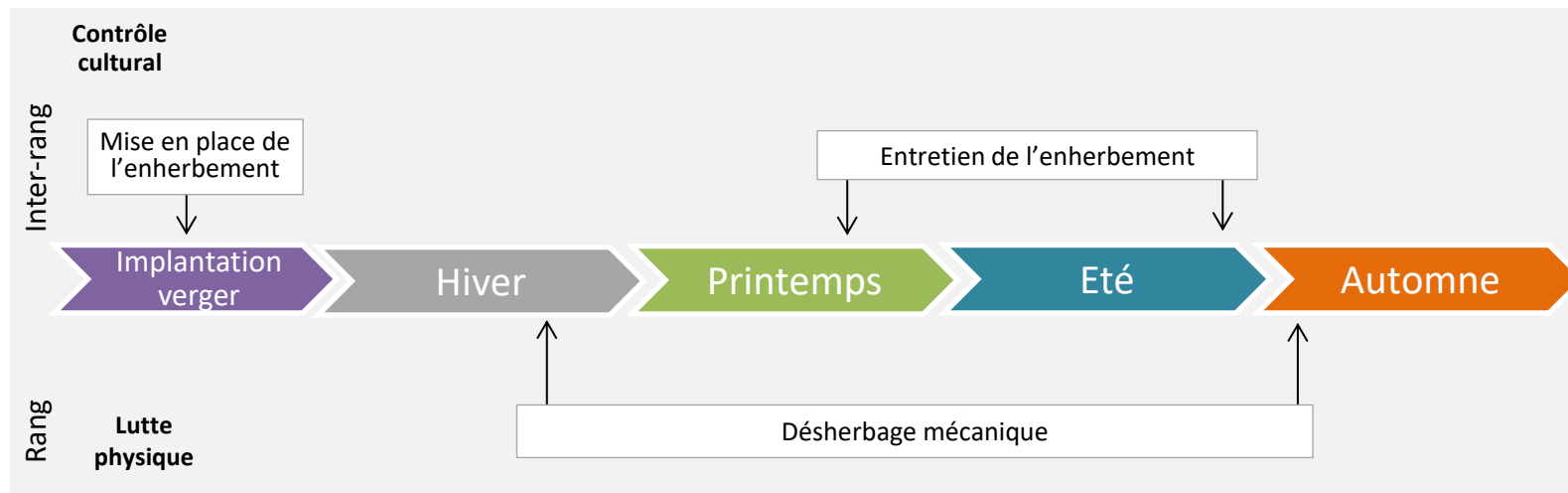
Piège à phéromone/kairomone



Crédit photo: INRA Gotheron.

## 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 Gotheron.