



**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 : ECO Smoothee

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



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

**ECO Smoothee: verger de pommiers sensible aux maladies économe en produits phytosanitaires**

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

**Durée de l'essai :** 2005-2015

**Espèce :** Pommier

**Conduite :** Conventiennelle

**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 **bioagresseurs 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 Smoothee (ECO Smoothee), sensible aux maladies, vise à **réduire d'au moins 30% l'IFT** par rapport à la référence (Conventionnel Raisonné RAI), pour un **niveau et une qualité de production équivalents**.

### Objectif de réduction d'IFT

**30 %**

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

### Mots clés

Pommier - 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 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/ Smoothie® 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 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 1,6m.

**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 Smoothie  
Crédit photo INRA © Gotheron

## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de 3 ordres :

### Agronomiques

#### Rendement

Avoir un rendement équivalent au système de référence dans nos conditions de sol et climat (environ 45 t/ha)

#### Qualité

Avoir une qualité équivalente à celle du système de référence (répondre aux critères des circuits de commercialisation longs)

### Maîtrise des bioagresseurs

#### Maîtrise des adventices

Peu/pas de concurrence en verger jeune, tolérance de l'herbe en verger âgé

#### Maîtrise des maladies

Pas de tavelure en fin de contamination primaire

#### Maîtrise des ravageurs

- Présence du puceron cendré tolérée
- Contrôle des populations de carpocapse (dégâts sur fruits et populations hivernantes peu élevés au fil des saisons)

### Environnementaux

#### IFT total

Réduire de 50 % l'IFT total et privilégier les méthodes de biocontrôle

#### IFT herbicide

IFT herbicide = 0

#### 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 de produits phytosanitaires réalisée en combinant un ensemble de méthodes de substitution 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 :** 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 ECO (ECO Melrose et ECO Ariane) et RAI Smoothee. Pour mémo, le verger, implanté en 2005, est en pleine production depuis 2009.

### > Maîtrise des bioagresseurs

Le contrôle des bioagresseurs est **globalement satisfaisant**, y compris les années pour lesquelles la **pression biotique**

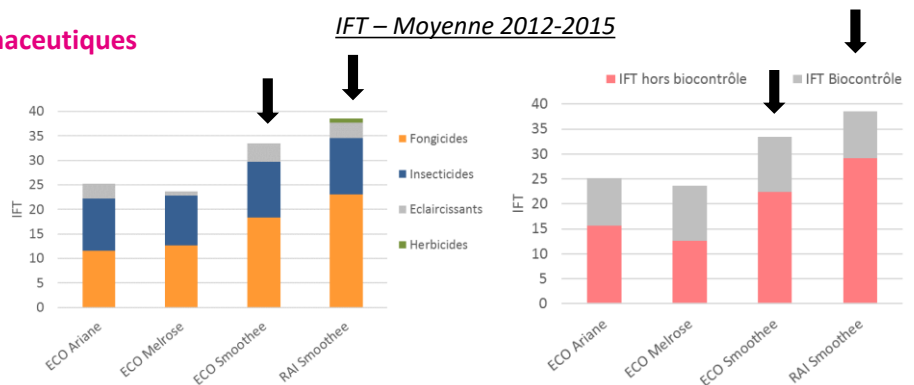
est **élevée** (ex. 2013, RAI Smoothee : 32% de dégâts de tavelure sur fruits à la récolte vs. 10% dans ECO Smoothee). Cette **élévation des dégâts** (idem carpocapse en 2012) reste **ponctuelle** et ne s'accompagne pas d'inoculum ou de populations en augmentation et difficiles à contrôler au fil des années.

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

### > Utilisation des produits phytopharmaceutiques

Par rapport à la référence RAI Smoothee, la réduction est de **13%** pour l'**IFT total** et de **23%** pour l'**IFT 'chimique'** (IFT hors biocontrôle).

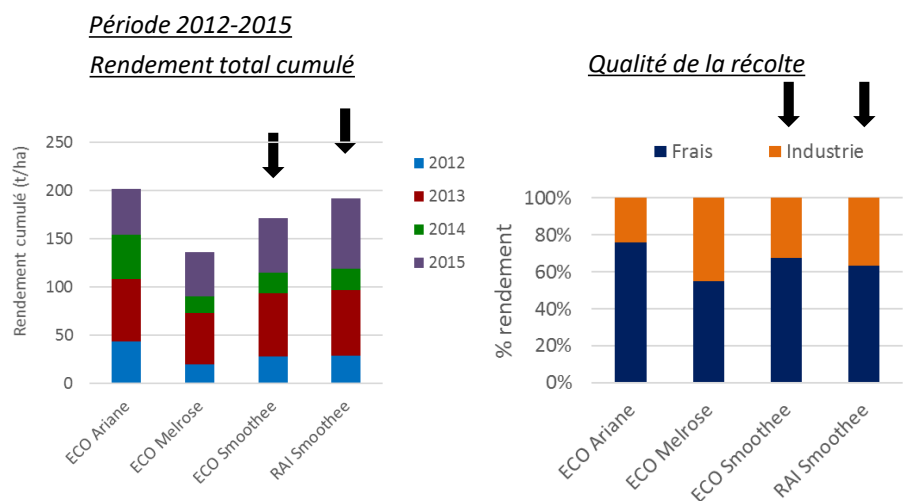
Les **fongicides** sont réduits de **20%** et l'**IFT insecticide** est exclusivement en **biocontrôle** pour la gestion du carpocapse.



### > Performances agronomiques

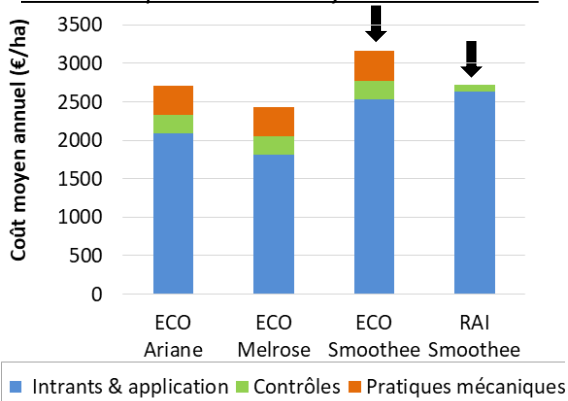
Smoothee présente une **alternance** de production quel que soit le système. Le **différentiel de rendement** entre RAI et ECO Smoothee est de **-10%** pour la période 2012-2015.

En revanche, la proportion de fruits vendus en frais est proche mais légèrement supérieure en ECO (68%) qu'en RAI (64%). Les déclassements de fruits sont liés dans les 2 systèmes au **calibre**, à des **défauts d'épiderme** (coups de soleil) et à la **tavelure en 2013**.



### > 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 ne permet pas de compenser le **surcoût** de protection lié à la **mécanisation**, à l'utilisation de **méthodes alternatives** et à la réalisation de **contrôles en verger**.

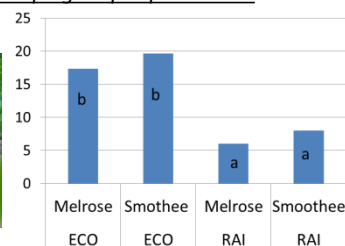
Ce **surcoût** pour ECO Smoothee représente **0.015 €/kg** de pomme produit par rapport à RAI Smoothee. A noter l'absence de revalorisation des fruits issus de systèmes bas-intrants en circuit de commercialisation long.

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

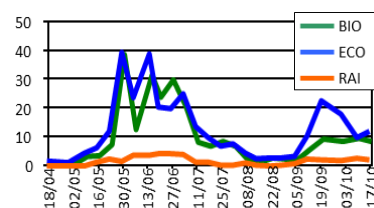
## Zoom sur le suivi de la biodiversité

Plusieurs communautés biologiques du verger ont été étudiées. Dans le système ECO Smothee, 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 surgreffage), la **sensibilité aux maladies et au puceron cendré** sont des **critères importants à considérer à la plantation** : 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, acariens, carpocapse, tavelure, oïdium, zeuzère... et auxiliaires) permettent enfin d'optimiser le positionnement des interventions et d'en supprimer certaines (ex. oïdium).

→ 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 optimise l'utilisation d'un **ensemble de méthodes** pour gérer la protection du verger planté avec une **variété sensible** aux maladies. 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, la  **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



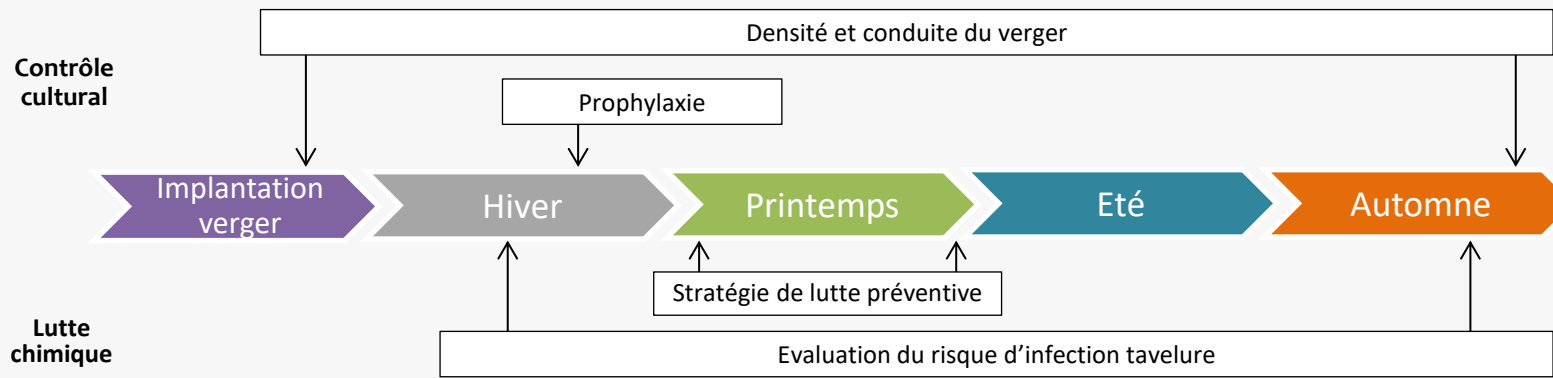
AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



# Stratégie de gestion des maladies



*Avvertissement : 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

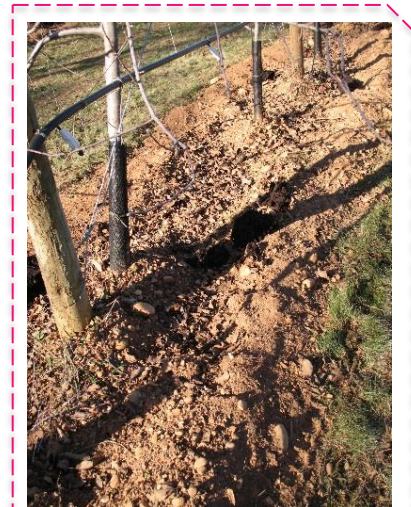
**Objectifs :**  
Peu/pas de tâches (seuil) dans le verger en fin de contamination primaire pour arrêter protection

## 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.	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.
<b>Stratégie de lutte préventive</b>	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.



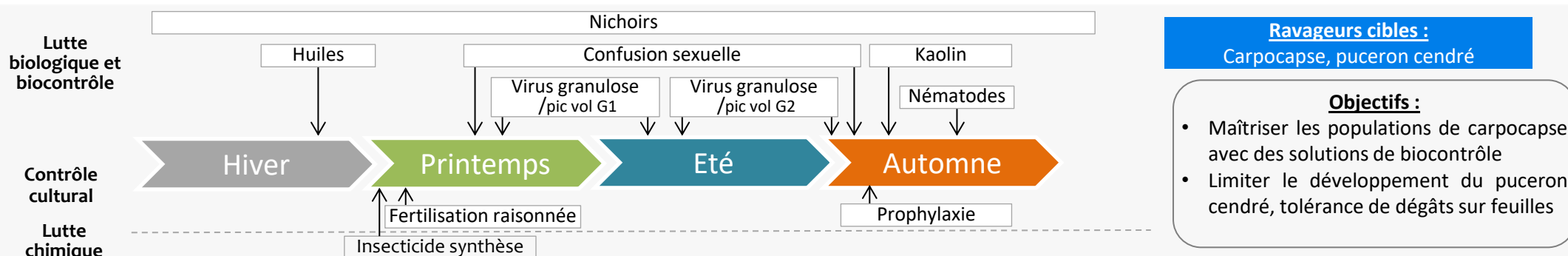
*Litière foliaire sur le rang avant enfouissement.  
Crédit photo: INRA Gotheron.*

# 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.



## Leviers

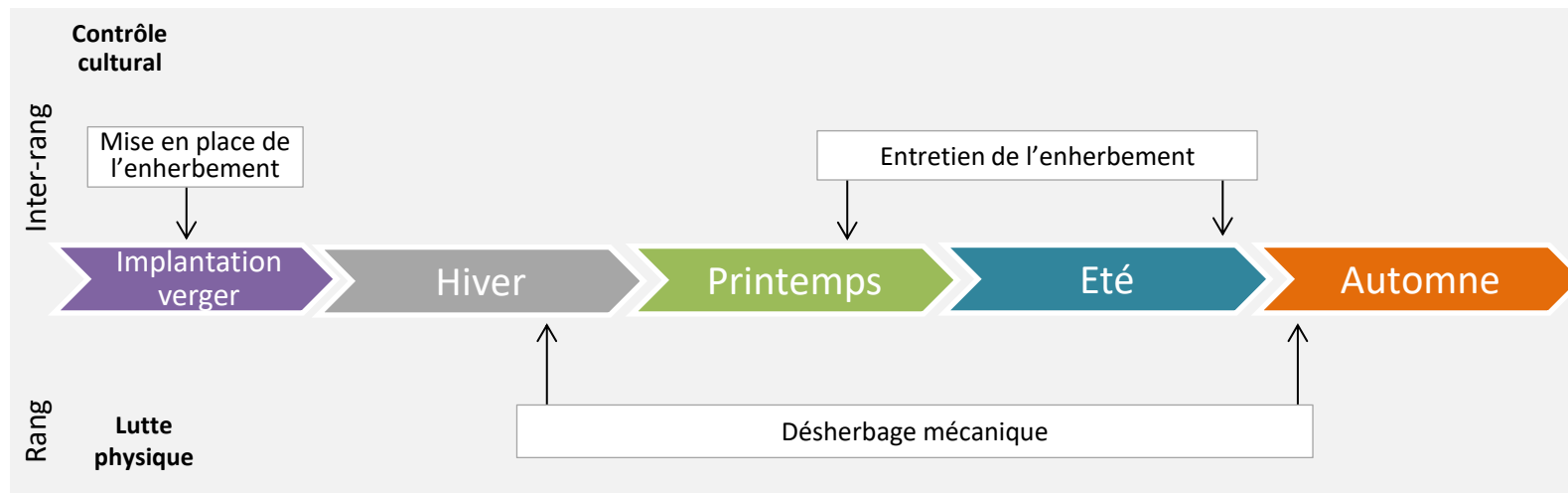
## Principes d'action

## 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 granulose</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 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.
<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
<b>Insecticide de synthèse</b>	L'utilisation de seuils permet de n'intervenir qu'en présence de pucerons.	Pas d'intervention nécessaire si présence d'aîlés (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 Gotheron.