

ATELIERS THEMATIQUES

MERCREDI 17 DECEMBRE

ARBORICULTURE

LES GRANULOVIRUS, DE VÉRITABLES AGENTS DE CONTRÔLE DE RAVAGEURS ; CAS DU VIRUS DE LA GRANULOSE ET DU CARPOCAPSE

Marie Berling et Miguel López-Ferber

*Laboratoire de Génie de L'environnement Industriel,
Ecole des Mines d'Alès
6, Avenue de Clavières. 30319 Alès*

RESUME

Les baculovirus sont des virus qui produisent des maladies chez les insectes. Ils sont utilisés pour le contrôle des proliférations d'insectes nuisibles. Leur cycle est complexe. Ils infectent les larves par voie orale, et en fin de cycle, la larve morte se liquéfie libérant les « corps d'inclusion » qui se retrouvent dans l'environnement et permettent la survie du virus en attendant d'être à nouveau ingérées par une larve sensible.

Les baculovirus peuvent évoluer pour s'adapter à des nouvelles conditions, et notamment à des larves développant des résistances, dans un processus de coévolution. Il est possible de tirer parti de cette propriété pour permettre une durabilité de ces méthodes de contrôle biologique. Le virus de la granulose qui fait parti des baculovirus, peut donc évoluer au contact de carpocapses résistants.

INTRODUCTION

La découverte du pouvoir pathogène des baculovirus pour les insectes est ancienne. Le premier texte décrivant leur effet sur les vers à soie date du XIV^{ème} siècle (Vida, 1527). Cet auteur décrivait avec beaucoup de détails le déroulement de l'infection, depuis les premiers symptômes, jusqu'à la mort de la larve et la libération des nouveaux virus dans l'environnement. Avec beaucoup de lucidité, il émettait la théorie d'une contamination par la nourriture, c'est-à-dire, par des feuilles de murier contaminées.

Une description précise de la pathologie est faite par Andre Paillot (1928), où il confirme le caractère infectieux de cette maladie, et il observe au microscope optique que ce sont les virus ingérés par les larves avec la nourriture qui en sont à l'origine.

L'étude des baculovirus a commencé donc à partir du besoin de protéger les insectes bénéfiques, mais relativement tôt, leur potentiel comme agent de contrôle des ravageurs des cultures a été mis à profit, au début, d'une façon empirique, puis, de forme plus rationnelle.

Le développement d'outils d'observation et d'analyse au cours du siècle dernier nous permet d'avoir une idée relativement précise du déroulement du cycle d'infection. C'est seulement en connaissant le plus précisément possible le cycle d'infection que nous pourrions exploiter au maximum le potentiel de ces agents de contrôle.

1 LA STRUCTURE DES BACULOVIRUS

Les baculovirus sont des virus, c'est-à-dire, qu'ils doivent rentrer dans une cellule sensible pour pouvoir se multiplier. Ceci est une différence fondamentale par rapport aux autres êtres vivants, qui peuvent se multiplier si on leur fournit un milieu approprié.

Les baculovirus se classifient en deux genres, celui des virus des polyédroses nucléaires, (NucleoPolyhedroVirus, NPV), et celui des granuloses (GranuloVirus, GV). Les noms des deux genres de baculovirus reflètent la forme des « corps d'inclusion » qu'ils produisent : des

polyèdres pour le premier, des granules pour le second. (voir figure 1 illustrant la structure des polyèdres et des granules)

Le « corps d'inclusion » est un couvercle ou étui, dans lequel les virions (qui contiennent le génome du virus, composé d'ADN) sont protégés de l'environnement. Ainsi, dans la nature, les baculovirus peuvent survivre entre la mort d'une larve, et l'infection de la suivante. **Les corps d'inclusion peuvent être conservés pendant longtemps sans perte de pouvoir infectieux. Ils peuvent être desséchés ou congelés. En revanche, ils résistent assez mal à la lumière, et notamment aux ultraviolets. C'est pour cela qu'une fois à l'air libre, leur persistance est limitée.**

Un polyèdre contient plusieurs virions (c'est le cas du virus de la polyédrose du vers à soie), tandis qu'un granule (dans le cas du virus de la granulose du carpocapse du pommier), plus petit, ne contient qu'un virion. Chaque virion contient un génome, qui est capable d'indiquer à la cellule infectée comment fabriquer des nouveaux virus.

En général, les virus ne sont pas visibles au microscope optique. Les baculovirus sont une exception, on peut voir le « corps d'inclusion » au microscope optique. Sa taille est juste à la limite de résolution. Il apparaît comme un petit point brillant.

2 LE CYCLE DU BACULOVIRUS

L'infection commence lorsqu'une larve ingère un ou plusieurs « corps d'inclusion ». Ces « corps d'inclusion » se désagrègent dans l'intestin de la larve, grâce aux conditions particulières de leur tube digestif (très alcalin, c'est-à-dire au pH élevé). Si des corps d'inclusion sont ingérés par des vertébrés, ils peuvent traverser l'intestin (moins alcalin, voire acide) sans être digérés et sans se désagréger. La dissolution des « corps d'inclusion » libère les virions qui rentrent dans les cellules de l'intestin, et qui se multiplient (pour les virus on parle de réplication). Puis, les nouveaux virus formés vont infecter pratiquement toutes les cellules de la larve.

Finalement, la larve meurt lorsque toutes les cellules ont été infectées, et qu'elles ont produit autant de « corps d'inclusion » qu'il est possible. En fin d'infection, les larves deviennent des « sacs à virus », et elles éclatent, en libérant les « corps d'inclusion ».

Comme la larve meurt à cause de la réplication du virus, il faut une période plus ou moins longue en fonction du couple virus/hôte considéré. Les baculovirus les plus rapides sont capables de tuer en 4 jours, mais certains baculovirus demandent plus de 15 jours. Cela dépend, bien sûr, du cycle de l'insecte hôte. Certains baculovirus ne tuent leur larve qu'une fois qu'elle atteint un stade de développement avancé, juste avant la formation de la chrysalide. De cette façon, ils garantissent que la taille de la larve est la plus grande possible, et donc, que le nombre de virus produit est maximal, ce qui augmente la probabilité de nouvelles infections lors de la dispersion dans l'environnement.

3 UN BACULOVIRUS PEUT-IL CONTAMINER PLUSIEURS INSECTES ?

Les baculovirus peuvent pénétrer dans certaines cellules de vertébrés, comme les cellules du foie (hépatocytes), mais ils ne sont pas capables de produire des nouvelles particules, de se multiplier.

Des baculovirus ont été décrits chez les insectes (surtout chez les lépidoptères), mais aussi chez quelques crabes et araignées.

Chaque baculovirus est capable de réaliser son cycle complet d'infection sur une ou un nombre limité d'espèces d'hôte, en général proches. **De ce fait, la présence d'un baculovirus pour combattre un ravageur, n'affectera pas les autres insectes présents dans le même écosystème (par exemple, dans le même verger). Cette spécificité d'hôte peut aussi être un inconvénient : si deux ravageurs s'attaquent à la même culture, il est presque toujours nécessaire d'utiliser deux virus différents.**

4 LA SENSIBILITE DES LARVES A L'INFECTION

Pour un baculovirus spécifique d'une espèce de lépidoptère, **le nombre de « corps d'inclusion », polyèdres ou granules, nécessaire pour tuer une larve dépend en première instance de l'âge de la larve. En effet, plus la larve est âgée, plus elle résiste à l'infection. Le moment optimal pour l'infection est donc lorsque la larve vient de sortir de l'œuf.** De plus, dans les cas des larves foreuses, comme c'est le cas du carpocapse du pommier, ou de la teigne de la pomme de terre, les larves pénètrent très vite à l'intérieur du fruit ou du tubercule, où il n'est plus possible de les atteindre.

Pour des larves qui viennent de naître, avec le virus appropriée, la dose nécessaire pour induire une infection est inférieure à 10 « corps d'inclusion », quelques fois, un seul suffit. Cette dose augmente environ d'un facteur 10 à chaque stade larvaire. Nous ne connaissons pas bien encore les facteurs qui déterminent si un virus peut ou ne peut pas infecter un hôte donné, ni les causes de cette augmentation de la résistance en fonction de l'âge.

5 LA METHODE DE TRAITEMENT

A partir des caractéristiques qui viennent d'être énoncées, il apparaît clairement l'importance du choix de la date du traitement : **il faut que les larves du bon stade larvaire puissent trouver un nombre suffisant de « corps d'inclusion » (polyèdres ou granules, en fonction du baculovirus utilisé),** et que ceux-ci soient en bon état, capables de développer une infection. Si le traitement est fait trop tôt, les « corps d'inclusion » peuvent se dégrader ; s'il est fait trop tard, les larves ne seront plus accessibles, ou seront moins susceptibles au virus, donc, il faudra une dose plus importante. De plus, si les « corps d'inclusion » ne sont pas bien dispersés, et qu'il y a des différences de concentration d'un point à l'autre, les larves peuvent passer « entre les gouttes ». Dans certaines préparations commerciales, des agents protecteurs contre les ultraviolets sont ajoutés, pour augmenter la durée utile du virus dans le champ, ainsi que des dispersants, pour faciliter une distribution homogène. Aussi, il peut y avoir des agents collants, pour empêcher le « lessivage » du virus en cas de pluie, et d'autres ingrédients qui augmentent l'attraction de la larve vers les endroits où des gouttelettes de virus ont été déposées.

6 LE DEVELOPPEMENT DE RESISTANCES

Le développement de résistances aux baculovirus a été étudié au laboratoire depuis quelques années (Abbot et al., 1996), mais jusqu'à récemment, une résistance en plein champ n'avait pas été décrite. Ce n'est qu'en 2004 que les premiers signes de résistance ont été observés chez le carpocapse du pommier face à l'isolat du virus de la granulose composant les insecticides viraux commercialisés (Fritsch et al., 2005 ; Sauphanor et al., 2006).

A la différence des insecticides chimiques, les virus sont capables de changer, de s'adapter à des hôtes qui deviennent résistants. L'exemple le plus typique est celui du virus de la grippe, qui chaque année est capable de changer légèrement, pour tromper notre résistance. L'origine de la résistance au virus de la granulose du carpocapse n'est pas similaire à celle de l'homme face au virus de la grippe, mais pour le virus, l'effet est le même : si le virus ne s'adapte pas, il ne peut pas se répliquer dans ces hôtes.

Cette capacité d'adaptation a permis au virus de survivre et d'évoluer avec son hôte. Ils sont indissociables, et il y a un processus d'évolution conjointe, que l'on appelle souvent une « course aux armements » : l'hôte développe une résistance, le virus arrive à la dépasser, l'hôte développe une deuxième résistance, le virus s'adapte à nouveau, et ainsi de suite (Combes, 2001).

A partir de ce principe, il a été possible de sélectionner en laboratoire des virus capables de contrôler une population résistante de carpocapse. Ces nouveaux isolats viraux sont en cours d'analyse et de validation au champ. Ils devront permettre le contrôle des populations de carpocapse, résistantes à l'isolat du virus de la granulose utilisé à l'origine.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'utilisation des baculovirus de forme rationnelle demande un changement de notre façon de concevoir le contrôle des ravageurs des cultures. L'agriculteur doit devenir un acteur et non seulement un consommateur de l'insecticide biologique. Il doit être de plus en plus un expert dans le fonctionnement de son écosystème de production. A la connaissance fine de son produit s'ajoute celle des ravageurs, des auxiliaires, des parasites et des moyens de contrôle. Lors de l'utilisation des baculovirus, il faut qu'il anticipe les traitements pour trouver le bon moment –ce qui d'ailleurs a été bien intégré par beaucoup d'agriculteurs, mais qui reste un des grands écueils pour ceux habitués aux traitements chimiques -. **De plus, maintenant, il faudra qu'il collabore avec le fournisseur de virus pour lui permettre d'améliorer en continu le produit, en lui fournissant des échantillons de larves virosées, qui permettront la sélection de nouveaux isolats viraux, encore plus actifs face aux insectes présents dans le verger.**

C'est seulement à cette condition que les baculovirus resteront un outil de contrôle durable.

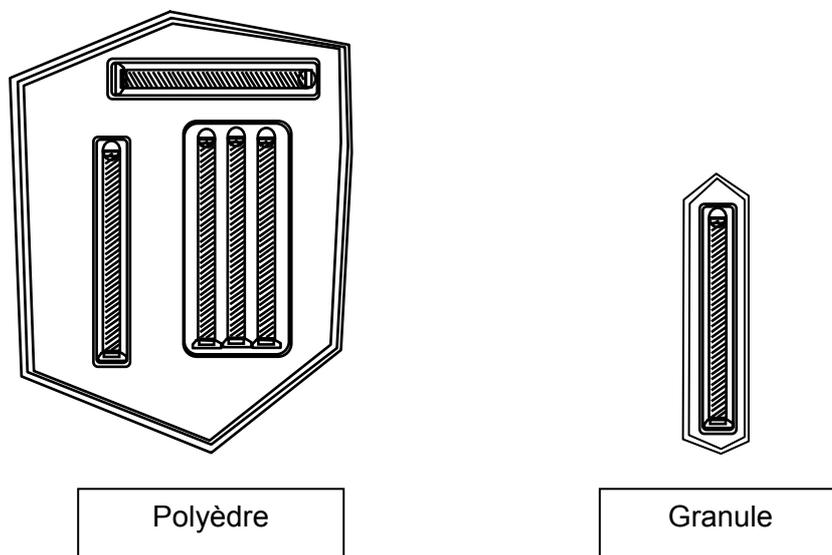


Figure 1 – Structure des polyèdres et des granules des baculovirus

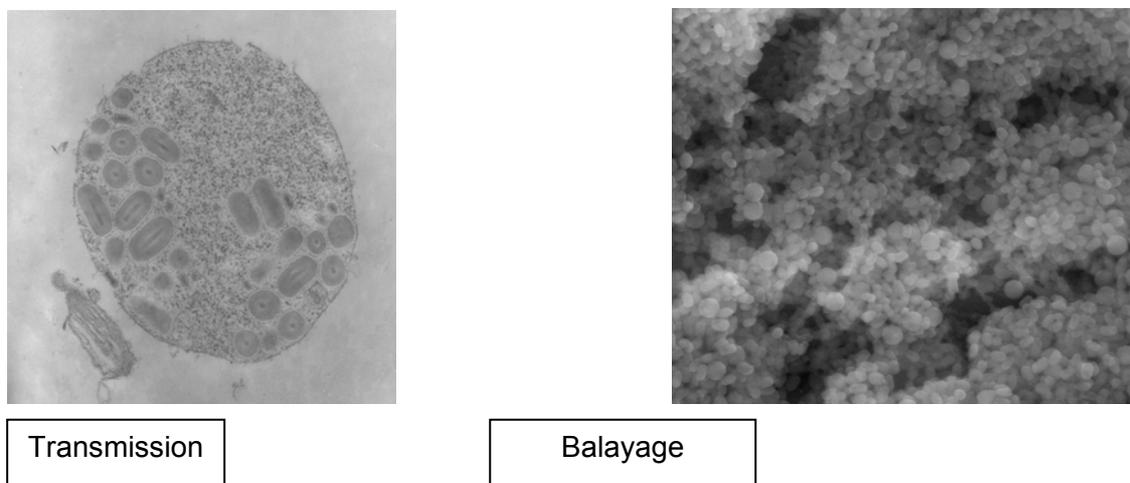
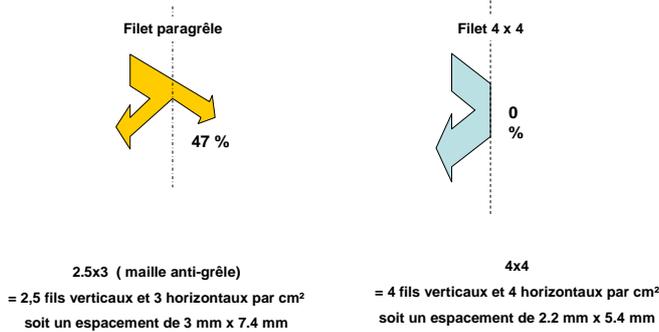


Figure 2. Images de Microscopie électronique à transmission et en balayage de granules. Photos École des Mines d'Alès, INRA Avignon

ALT'CARPO : UNE ALTERNATIVE QUI DIT « HALTE » AU CARPO

Lionel Romet - Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
 Guilhem Sévérac - Chambre d'agriculture de Vaucluse

Capacité de passage des papillons de *Cydia pomonella* en fonction de la taille de la maille, en situation forcée (essai labo)

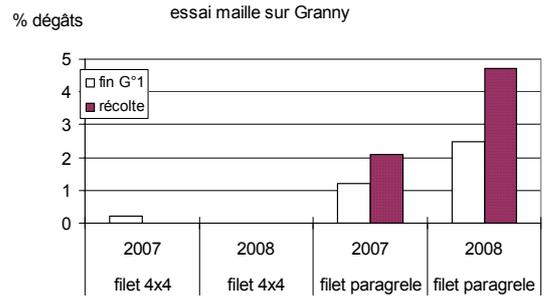


Incidence de la maille du filet en situation de très forte pression

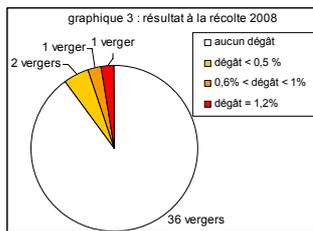
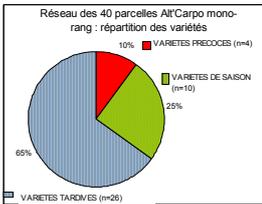
Parcelle de Granny smith d'1 ha, qui avait en 2006, plus de 40 % de dégâts, malgré une protection chimique soutenue.

Comparaison de 2 types de maille :

- 4x4 soit 2.2 mm x 5.4 mm
- 2.5x3 soit 3 mm x 7.4 mm (maille anti-grêle)



Alt'Carpo mono-rang 2008 : suivi d'un réseau de 40 parcelles



Mono rang	Dégât à la récolte
2006	5 pour 10.000 fruits
2007	6 pour 10.000 fruits
2008	6 pour 10.000 fruits



Alt'Carpo mono-parcelle 2008 : suivi de 4 parcelles

Mono parcelle	vergers	Dégât à la récolte
2007	- Juliet *	0
2008	- Juliet *	0 sur 3 vergers
	- Juliet	0.1 % sur 1 verger
	- Pink Lady	
	- Chantecler	

* Essai Chambre d'Agriculture de Vaucluse en partenariat avec :
 La station expérimentale La Pugère
 F Jean, arboriculteur
 La société FilPack



Alt'Carpo mono-parcelle avec tournière

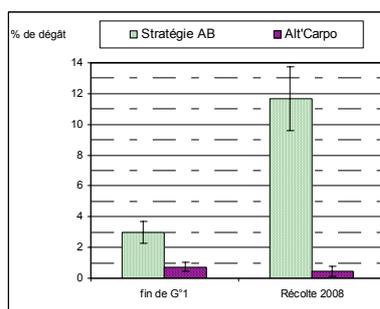


Alt'Carpo mono-parcelle sans tournière



Comparaison Alt'Carpo // strategie BIO

6 vergers de Golden en situation de forte pression, dans le même micro secteur
 (3 en protection Alt'Carpo et 3 en confusion sexuelle + insecticides Bio)



Régulation de la charge = Alt' Abeilles

Principe : utiliser Alt'Carpo pour limiter la pollinisation en anticipant la fermeture du filet durant la floraison.

ESSAI 2007

Comparaison Témoin / Alt' Abeilles, variété Juliet

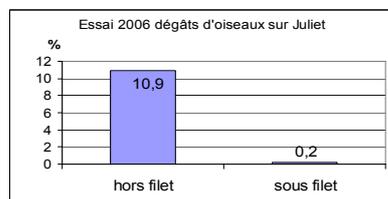
- taux de floraison : Alt' Abeilles = 84,9 % et Témoin = 89,9 %
- taux de fructification - 0,59 fruits/bouquet sous filet
- 1,45 fruits/bouquet dans les témoins

2008 : Nombreux tests confirmant l'intérêt de la technique en complément des programmes d'éclaircissage.

Perspectives : outil supplémentaire particulièrement efficace pour réguler la charge. A adapter à chaque situation.

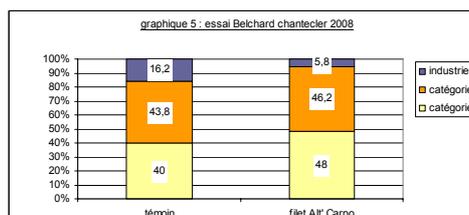


Amélioration de la qualité des fruits



Qualité de l'épiderme

Moins de boisage // frottement fruits sur bois, feuilles et fruits lié au vent



Effets secondaires d'Alt'Carpo

effets directs (barrière)			effets indirects (absence d'insecticides)		
positifs	neutres	négatifs	positifs	neutres	négatifs
Tordeuse orientale (<i>Cydia molesta</i>)	Mineuse des feuilles (<i>Stigmella malella</i>)		Acariens (<i>Panonychus ulmi</i>)	Puceron lanigère (<i>Eriosoma lanigerum</i>)	
Zeuzère (<i>Zeuzera pyrina</i>)	Mineuse sinueuse (<i>Lyonetia clerkella</i>)		Pou de San José (<i>Diaspidiotus perniciosus</i>)		
Oiseaux	Mineuse cerclée (<i>Leucoptera malifoliella</i>)		insectes et araignées auxiliaires		
	Tavelure (<i>Venturia inequalis</i>)				

PRECONISATIONS

Le Choix du type d'installation ne doit surtout pas être dogmatique.

Il est à raisonner pour chaque verger en fonction :

- de la parcelle : taille, forme, disposition, exposition au vent, environnement...
- du verger : mode de conduite, âge, vigueur, palissage, structure anti-grêle existante...
- de la variété : précocité et échelonnement de la récolte, exigence en intervention manuelle

Ainsi sur une même exploitation, on développera à la fois des protections Alt'Carpo en mono-parcelle et en mono-rang.

LE MATERIEL

Alt'Carpo en mono-parcelle :

- En périphérie, sur la partie verticale utiliser impérativement du filet de type 4x4, soit 2.2 mm x 5.4 mm.
- Les systèmes anti-grêle à rigole ne sont pas utilisable : la fermeture de la rigole augmente les temps de travaux. De plus, ce type de système n'est pas conçu pour fonctionner avec une rigole fermée. Pour que le filet puisse vidanger correctement, cette rigole doit rester ouverte. La fermeture de celle-ci expose le verger à un risque d'écrasement de l'installation en cas de grêle.

Alt'Carpo en mono-rang :

- Filet de type 4x4, soit 2.2 mm x 5.4 mm.
- La largeur du filet doit être en adéquation avec le volume de la frondaison
- Toute les branches doivent être enveloppées.

GESTION DE LA PROTECTION

- Fermeture des filets avant les premières pontes. Si tel n'est pas le cas, des traitements relais seront nécessaires. Cette situation est tout de même à éviter car l'efficacité des produits n'est que partielle.
- Surveillance indispensable : en effet, même si on ne traite pas, il faut néanmoins comme tout type de protection, contrôler l'efficacité, suivre le développement éventuel d'autres ravageurs et leur régulation par les auxiliaires.



BILAN DES ANNEES D'UTILISATION DE SPINOSAD EN SUISSE

J-L Tschabold

FiBL Romandie - Route du Bon

1167 Lussy sur Morges - Suisse

Tél +41 (0)21 802 53 65 - Fax +41 (0)21 802 53 67 - Mobil +41 (0) 79 352 62 93

jean-luc.tschabold@fibl.org - www.bioactualites.ch

RESUME

Un bilan d'utilisation de Spinosad en Suisse est présenté.

Les domaines d'application du Spinosad vendu sous le nom commercial Audienz en arboriculture sont les suivants :

Pommes et poires : carpocapse, tordeuse de la pelure, cheimatobie, petite tordeuse des fruits (*Grapholita lobarzewskii*), anthonome du pommier,

Framboises : Anthonome du fraisier et du framboisier, vers des framboises

Fraises : thrips

Vigne : agrotis, pyrale, thrips, cochylis, eudemis.

INTRODUCTION

Ce produit a été soumis à des tests pour homologation en 2000 et a été autorisé dans les cahiers des charges Bio en Suisse dès 2002.

Spinosad (480 g/l SC) Classe de toxicité 5 est commercialisé sous AUDIENZ (Omya) et utilisé à 0.02% (0.32 l/ha). Sa composition est un mélange de Spinosyn A et de Spinosyn B (issus de fermentations) dilué dans un solvant.

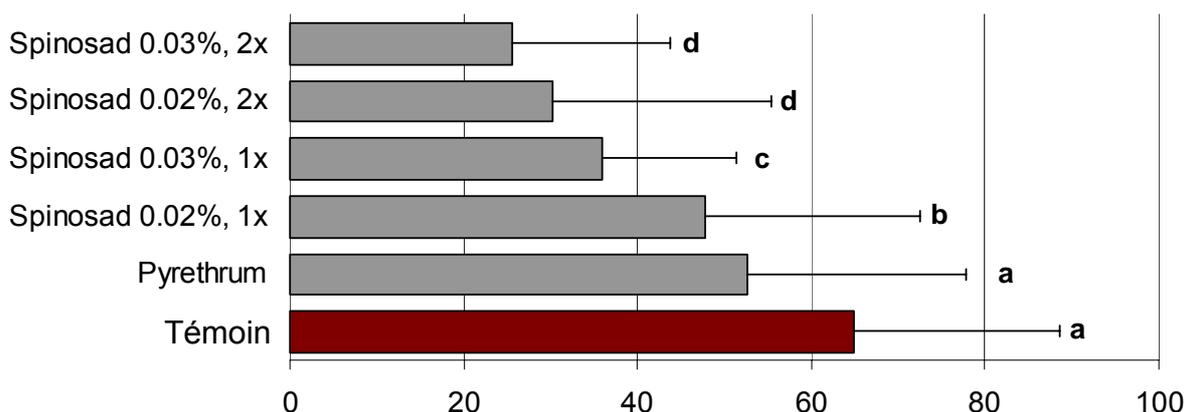
1 ESSAIS EN SUISSE

1.1 Lutte contre l'Anthonome

Traitement avec Spinosad au stade C3-D & E (FiBL 2003)

Traitements

Nombre de bourgeons attequés par 50 inflorescences le 23.04.03



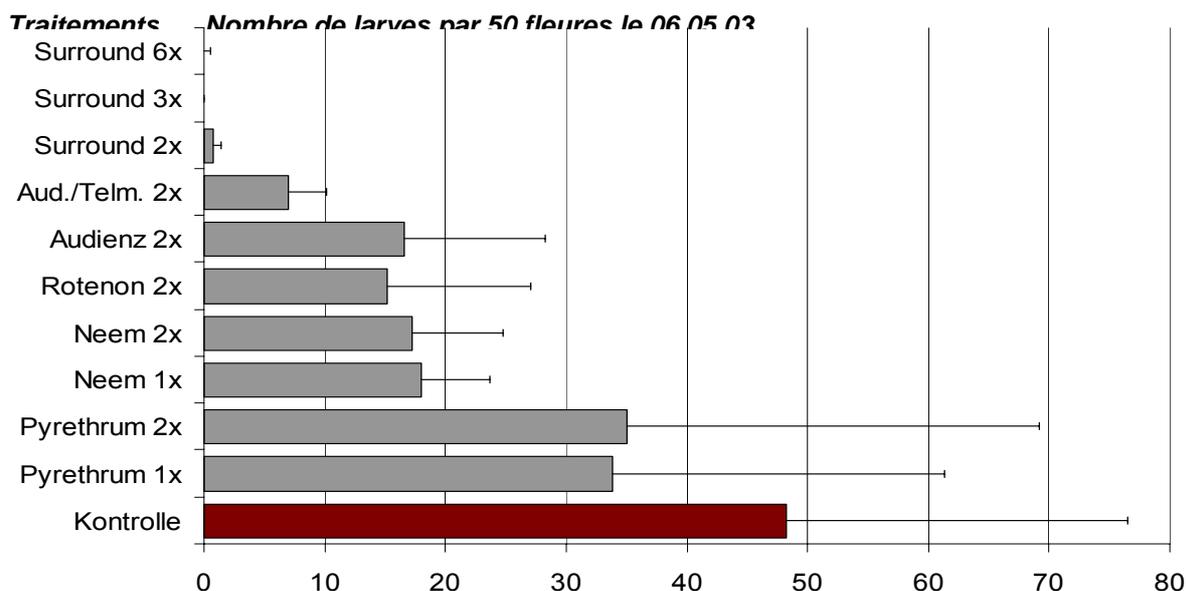
Puisque l'efficacité dépend de la concentration du spinosad cela permet des applications adaptées à l'intensité de l'attaque et à la floraison

Homologation: concentration de 0.02% (Base 1600l/Ha), application au stade B-C à 1500l/ha, si nécessaire 2ème traitement après 10 jours

1.2 Psylles du poirier

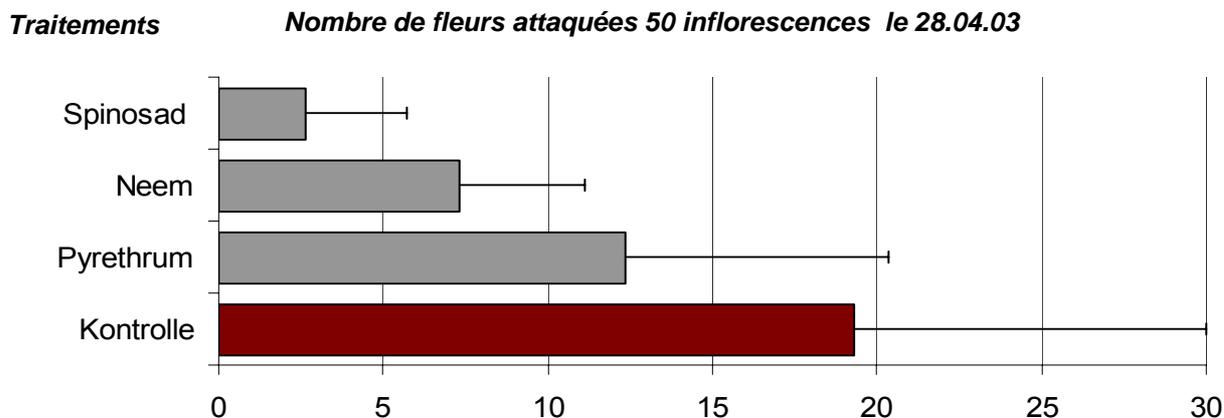
Traitements avec Surround et Neem au moment du vol, au stade B/C

Autres traitements contre jeunes larves au stade G/H (spinosad =AUDIENZ)



1.3 Teigne des fleurs de la cerise (*Argyresthia pruniella*)

Pyréthre: 0.05% 1x au stade B; Spinosad: 0.03% 2x stade D & E; Neem: 0.3% 2x au stade D & E



Spinosad est efficace contre *Argyresthia pruniella*

Des essais allemands ont aussi démontrés l'efficacité du Neem (il est homologué en Allemagne contre *Argyresthia pruniella*)

La teigne de la cerise n'a pas d'homologation puisque l'indication est mineure et donc trop chère pour la firme. (communication E.Wyss)

1.4 Carpocapse des pommes

Spinosad à ne recommander que si problèmes de petite tordeuse simultanément au carpo !

Fort effet dépressif sur les hyménoptères et autres auxiliaires. Son utilisation peut provoquer des recrudescences de pucerons !

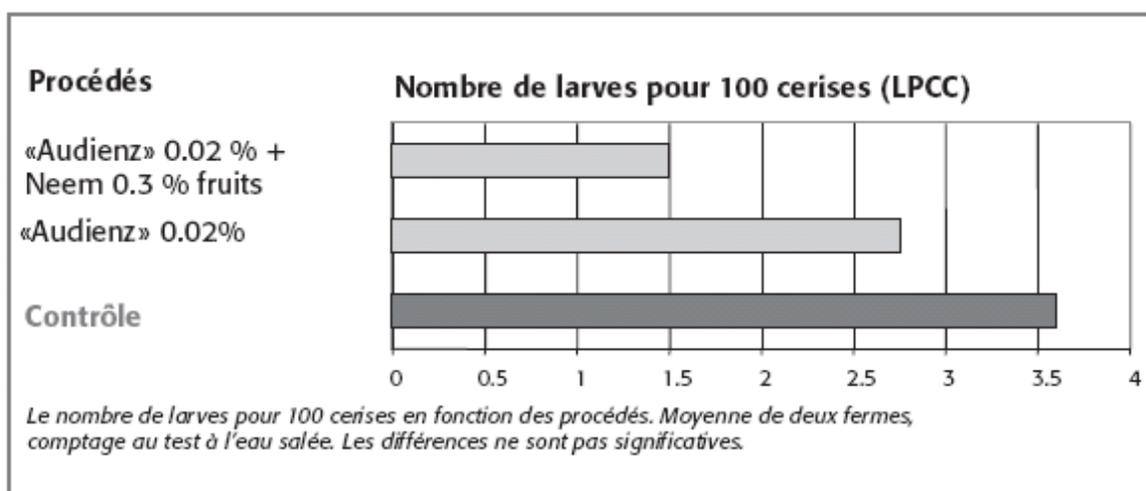
1.5 Carpocapse des prunes

Application dès l'éclosion de la 2ème génération, 3x tous les 7-10 jours; Spinosad 0.03%, additifs 1%

Spinosad a une efficacité partielle, qui n'est pas beaucoup mieux avec un additif tel le Telmion (huile), le Natural (savon potassique) ou le petit lait. Effet insuffisant sur ce ravageur.

1.6 Mouche de la cerise

Les essais effectués sur ce ravageur en 2002 n'ont pas permis de conclure à l'efficacité suffisante du spinosad, compte tenu de la faiblesse de l'attaque.



2 EFFETS SECONDAIRES

Spinosad est toxique pour les hyménoptères et diptères et des recrudescences de pucerons sont à craindre! Ne semble pas déranger les punaises auxiliaires.

On évite les applications de Spinosad en cas d'infestation de pucerons lanigères pour éviter les dégâts sur *Aphelinus mali*.

Peu à moyennement toxique pour les acariens prédateurs, toxique pour les abeilles dans sa phase liquide. Sa toxicité baisse considérablement quand il a séché. Distance de sécurité d'au minimum 10 m par rapport aux eaux de surface.

CONCLUSION

En arboriculture, en Suisse, le Spinosad est utilisé en priorité sur l'anthronome du pommier avec une très bonne efficacité.

Son emploi sur le carpocapse des pommes est limité en cas de problèmes simultanés de petite tordeuse (*Grapholita lobarzewskii*) dans les petits vergers pour lesquels la lutte par confusion n'est pas possible.

BIBLIOGRAPHIE

<http://orgprints.org/>

<http://www.bioactualites.ch/fr>

BILAN DE 3 ANNEES D'UTILISATION DE L'ARMICARB EN SUISSE

J-L Tschabold

FiBL Romandie - Route du Bon - 1167 Lussy sur Morges - Suisse

Tél +41 (0)21 802 53 65 - Fax +41 (0)21 802 53 67 - Mobil +41 (0) 79 352 62 93

jean-luc.tschabold@fibl.org - www.bioactualites.ch

RESUME

Un bilan d'utilisation du bicarbonate de potassium en Suisse est présenté.

Les domaines d'utilisation du bicarbonate de potassium 85% vendu sous le nom commercial ARMICARB en arboriculture sont les suivants :

Pommes: ARMICARB est un fongicide de contact en arboriculture qui agit contre la tavelure et la maladie de la suie

Poires : apparition de phytotoxicité à faible dose selon les variétés, encore peu de données de la pratique.

INTRODUCTION

Ce produit ancien, est à nouveau à l'ordre du jour pour essayer de diminuer les doses de cuivre contre la tavelure et s'est montré efficace contre la suie redoutable maladie fongique en production biologique.

1 INFLUENCE D'ARMICARB (BICARBONATE DE POTASSIUM) SUR LA TAVELURE ET LA MALADIES DES TACHES DE SUIE DE LA POMME EN 2004 ET 2005

Lucius Tamm², Thomas Amsler¹, Jacques G. Fuchs¹, Hansjakob Schärer¹ et Matthias Refardt³

¹ *Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL), Frick/Switzerland*

¹ *Staehler Suisse SA, Zoffingue / Switzerland*

1.1 Résumé

En 2004 et 2005, une nouvelle formulation du bicarbonate de potassium (ARMICARB) a été testée contre la tavelure et contre les taches de suie. ARMICARB a donné d'aussi bons résultats que les traitements de référence au soufre mouillable et au cuivre. ARMICARB a également démontré un bon effet contre la maladie des taches de suie. D'éventuels effets secondaires tels que l'augmentation de la pourriture des lenticelles doivent encore être examinés de manière plus approfondie. L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a classifié ARMICARB comme produit non toxique, c'est pour cela qu'aucune valeur limite n'a été définie. ARMICARB a des propriétés très intéressantes comme produit phytosanitaire et nous nous attendons à ce que les exigences spécifiques à l'agriculture biologique concernant la composition et le profil des risques soient en grande partie remplies.

1.2 Résultats 2004 et 2005

Tavelure: trois essais, ARMICARB a fourni une bonne protection contre la tavelure

En 2004, la concentration d'ARMICARB à Frick a été réduite de 1% à 0.5% après 5 traitements car des effets de phytotoxicité ont été observés. La concentration de 0.5%, par contre, n'a provoqué aucune réduction de croissance ou autres symptômes pyhtotoxiques

dans aucun des essais. ARMICARB mouille très bien les feuilles et ne laisse aucun résidu visible.

Taches de suie: les traitements avec ARMICARB (0.5%) ont bien protégé les fruits contre les taches de suie en 2004. Cocana RF (savon végétal pour le traitement standard actuel en arboriculture) et un extrait d'*Inula viscosa* (Inulex, voir aussi Cohen et al, 2002) ont aussi produit une protection significative par rapport au témoin.

Le traitement avec un mélange de Myco-Sin (argile sulfurée et extrait de prêle) et de Cocana RF a laissé d'importantes couches visibles sur les fruits. Pour cette raison, ce mélange n'entre pas en considération pour la pratique. Myco-Sin tout seul a été tout aussi efficace que Cocana RF. Aucun des produits n'a laissé de traces visibles. Dans l'essai effectué en 2005, nous avons observé de la pourriture des lenticelles (probablement provoquée par *Pseudomonas syringae*) dans les procédés 'Cocana RF' et 'ARMICARB', mais pas dans les procédés avec Myco-Sin.

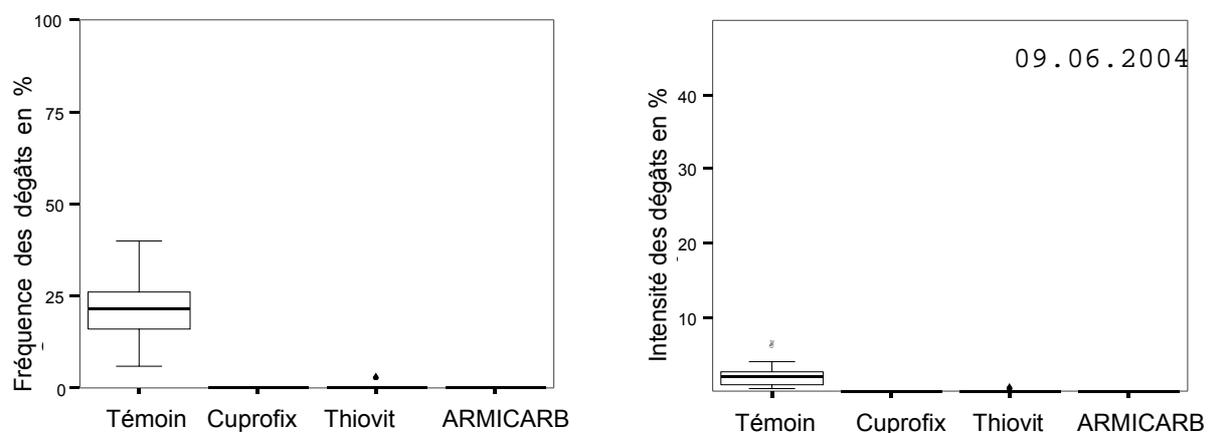


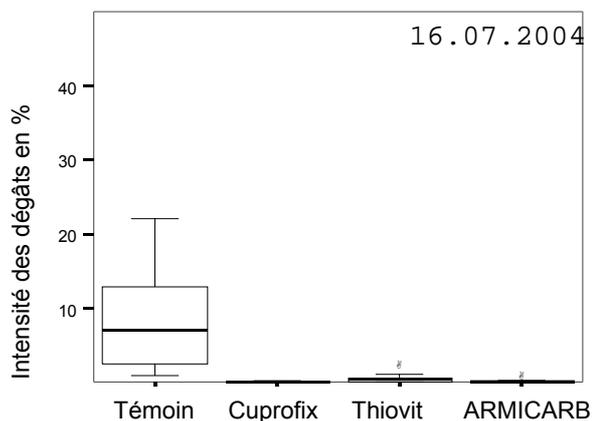
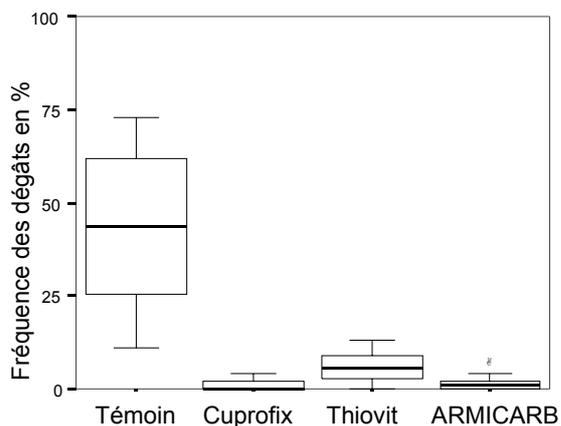
Pommes atteintes de suie

Tavelure 2004

Figure 1 Efficacité des différents traitements contre la tavelure au 9 juin (en haut) et au 16 juillet (en bas). Verger de Frick.

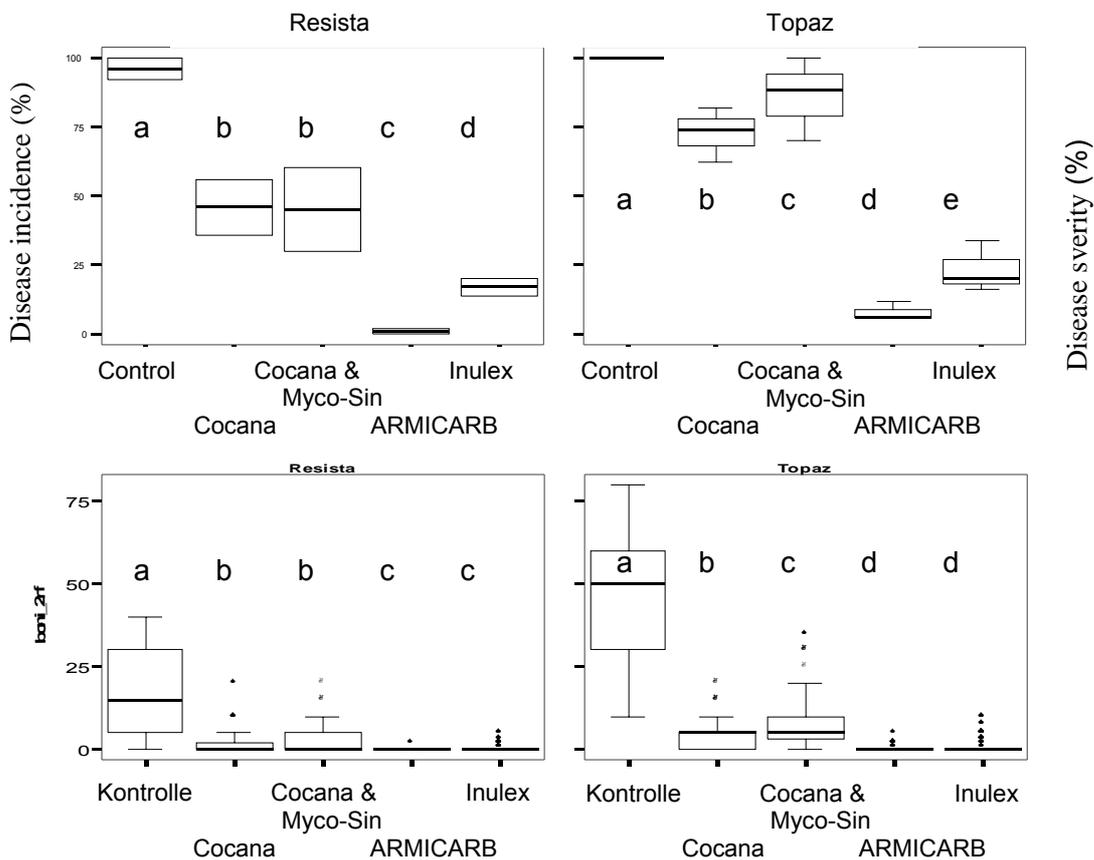
À gauche: Fréquence des dégâts. A droite: Intensité des dégâts. Variété: Rubinette





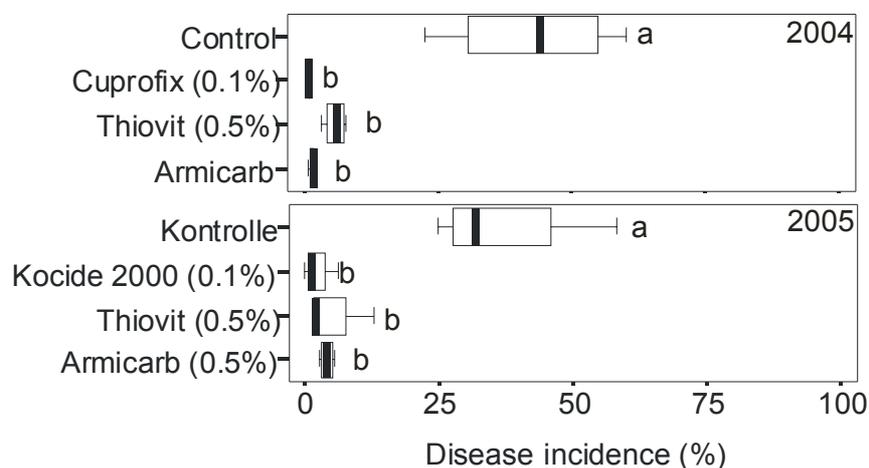
Suie 2004

Fig 2: Influences de différents traitements sur la suie à Pfyf le 16.09.2004. Les variantes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0.05$).



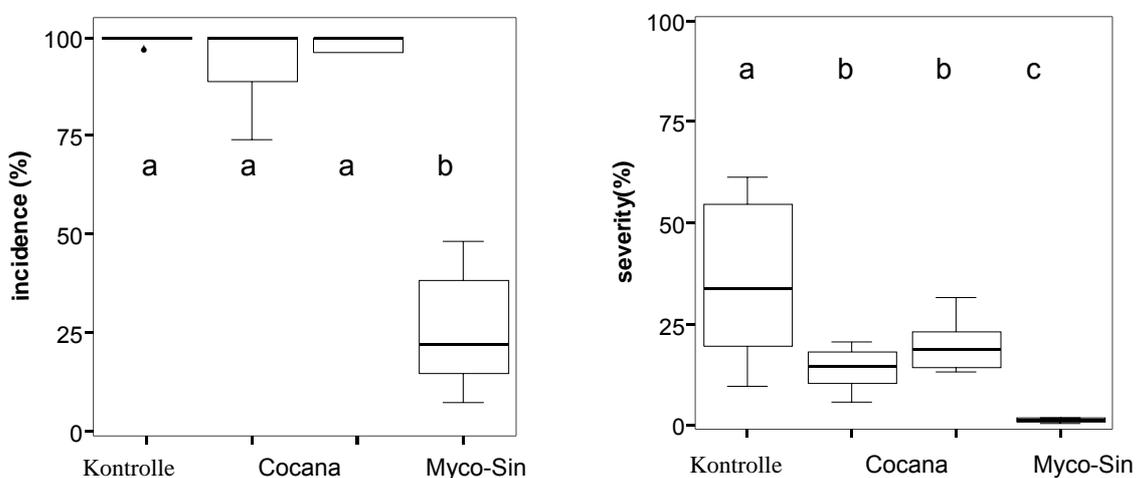
Tavelure 2005

Fig. 3. Influence de l'ARMICARB sur la tavelure sur feuilles au 17.6.2004 et au 24.6.2005 à Frick (Rubinette). Les variantes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0.05$).



Suie 2005

Fig. 4. Influence du Cocana RF (1%), du Myco-Sin (0.8%) et de l'ARMICARB (0.5% ou 4-5kg/Ha) sur la suie (Topaz) au 9. septembre 2005. Les variantes portant des lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0.05$).

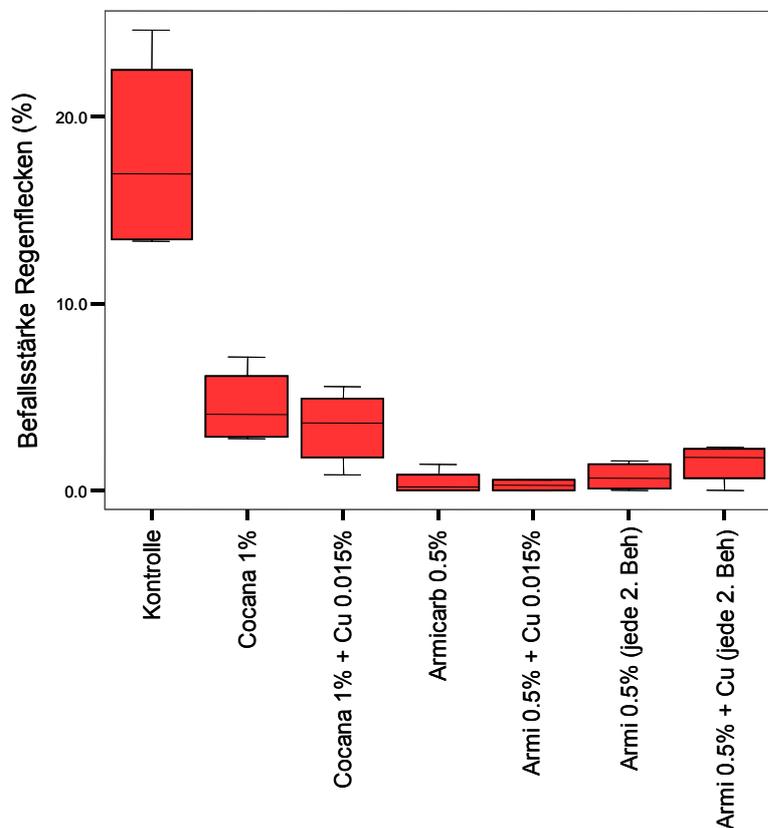


Tavelure et suie 2006

En 2006, les applications d'armicarb seul ou associé au soufre ont confirmé les bons résultats des années précédentes sur les 2 maladies par rapport au témoin. Cependant nous avons observé de forte phytotoxicités sur la variété Cloche avec des applications ARMICARB + soufre. La variété Topaz par contre n'a montré aucun dégât.

Les traitements effectués dès l'éclatement des bourgeons avec ARMICARB 0.5% ou 5kg/Ha plus soufre (de 6-3kg/Ha) ont montrée s une efficacité semblables au Cuivre + soufre

Fig 5: Stratégie de lutte contre la suie à Pfy en 2006.



Les meilleurs résultats contre la suie sont obtenus avec l'ARMICARB seul avec 6 traitements tous les 14 jours dès fin juin.

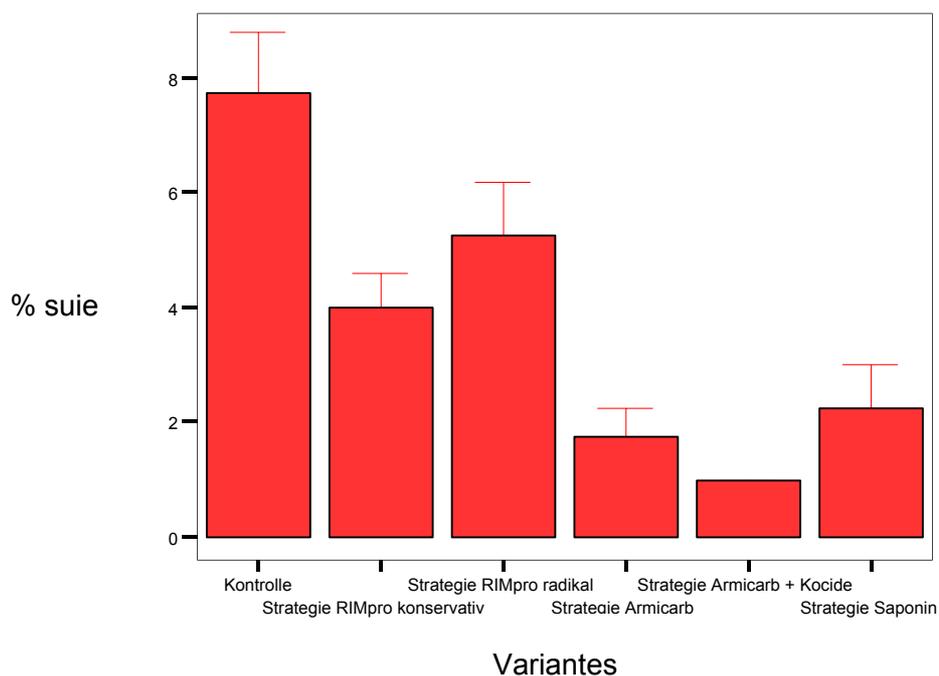
Tavelure 2007

Suite des essais avec ARMICARB de 4-5kg/Ha + soufre 4-6kg/Ha avec succès.

Maladies de conservation 2007

Les essais de conservation ont montré que l'ARMICARB n'avait pas d'effet favorisant sur les maladies de conservation.

Suie 2007



Résultats : bon efficacité sur la suie des traitements ARMICARB seul (<2% de dégâts) et ARMICARB + cuivre Kocid (<1% de dégât).

Il n'est pas conseillé d'ajouter du cuivre à l'ARMICARB

2 OBSERVATION 2008 AU FIBL (COMMUNICATION DU DR. L.TAMM, FIBL)

2.1 Tavelure

La saison 2008 a été très difficile sur le front de la tavelure. Des différences importantes sont apparues entre les variétés sensibles et moyennement sensibles.

Suite à l'homologation de l'ARMICARB en juin 2008, des applications à plus grandes échelles ont eu lieu chez les producteurs. On a observé des dégâts de phytotoxicité du produit variable selon les variétés. Très forte sur Elstar, Cloche, moyenne sur Gala, et nulle sur Topaz. Des doutes subsistent quant à la compatibilité de certains produit avec l'ARMICARB.

En ce qui concerne la tavelure, l'efficacité de l'ARMICARB peut être comparée à celle du soufre pour des températures > 10°C . Elle pourrait être meilleure à <10°C.

2.2 Suie

L'excellente efficacité sur la maladie de la suie se confirme avec des applications en grandeur réelle chez les producteurs.

2.3 Maladie de conservation

L'incidence sur les maladies de conservation selon les variétés et encore à l'étude (fin de citation)

2.4 Sur poirier

Les expériences sur poiriers ont montré un degré de phytotoxicité plus grand pour cette espèce (dès 2-3kg/Ha) et les sensibilités variétales sont également très variables.

CONCLUSION

Sa plage d'utilisation est pressentie pour la lutte tavelure + suie en fin de saison à raison de 4-5kg/Ha dès fin juin, toujours associé à 2-4kg de soufre

BIBLIOGRAPHIE

Tschabold, Jean-Luc, Eds. (2005) FORUM ARBO BIO ROMANDIE 2005, Gîte rural des Vergers, Vétroz, Résumés des interventions. Proceedings of FORUM ARBO BIO ROMANDIE 2005, Vétroz, 10 février 2005. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, CH-5070 Frick.

Tamm, Lucius; Amsler, Thomas; Fuchs, Jacques G.; Schärer, Hans-Jakob and Refardt, Matthias (2006) [Influence du ARMICARB \(bicarbonate de potassium\) sur la tavelure et la maladies des taches de suie de la pomme](#), in Tschabold, Jean-Luc, Eds. *Tagungsband Forum Arbo Bio Romandie 2006*, page 10. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), CH-Frick.

ECLAIRCISSEMENT EN AGROBIOLOGIE - BILAN DE 1999 A 2008

Gérard Ferré

CEHM (Centre Expérimental Horticole de Marsillargues)

Mas de Carrière - 34590 Marsillargues

Tél : 04 67 71 55 00 - gferre@cehm.net

www.cehm.net

Sauf cas exceptionnels, l'éclaircissage est indispensable à l'obtention d'une récolte de pommes. L'éclaircissage manuel, couramment pratiqué en Agriculture Biologique (AB), ne peut être réalisé qu'à la fin des chutes physiologiques soit environ deux mois après la floraison, ce qui est trop tard. En effet, des événements importants de la physiologie des arbres fruitiers ont lieu avant ce stade avec des conséquences négatives et irréversibles sur :

- Le nombre de bourgeons à fleurs pour l'année suivante : il dépend notamment de l'induction florale elle-même liée à la charge des arbres. A la suite d'une forte production succède généralement l'année suivante une petite floraison, c'est l'alternance.
- Le calibre des fruits à la récolte : il est fortement conditionné par le grossissement des jeunes fruits, correspondant à la phase de divisions cellulaires, en compétition directe avec le nombre de fruits porté par les arbres.

Un éclaircissage plus précoce s'impose donc en complément de la taille hivernale et avant l'éclaircissage manuel. L'interdiction du recours à des hormones de synthèse en AB a conduit à tester des substances autorisées en AB. Ce travail engagé depuis 1999 au CEHM fait l'objet de la présente communication.

Parmi les nombreux produits testés, deux substances ont été retenues et plus particulièrement travaillées : la bouillie sulfocalcique ou sulfure de calcium et les huiles minérales et végétales.

Des études plus récentes ont été réalisées avec de la vinasse de betterave.

Les résultats obtenus s'observent essentiellement par une réduction de la nouaison. Pour cela il est nécessaire de réaliser un comptage des fruits dans les 30 jours qui suivent la floraison. La chute physiologique, postérieure à la nouaison, est d'autant moins importante que l'éclaircissage sur fleur a été efficace. Ce rééquilibrage naturel de la charge peut parfois aller jusqu'à masquer un éclaircissage sur fleur réussi.

Après 10 ans d'expérimentation, on retiendra la bonne relation entre l'efficacité des bouillies sulfocalciques et le retour à fleur l'année suivante. Dans certaines conditions, il a malheureusement été observé une augmentation du nombre de fruits atteints d'une rugosité de l'épiderme (russeting).

La réduction de la nouaison par les huiles est équivalente quelle que soit l'origine végétale ou minérale ; qu'elles soient ou non associées à du soufre mouillable. Des symptômes de phytotoxicité apparaissent également et se traduisent au-delà de la période de floraison par des chutes de feuilles de rosette. Dans la majorité des essais les retours à fleur observés ne sont pas bien corrélés au degré d'éclaircissage obtenu. Cet inconvénient a été vérifié sur plusieurs variétés et dans plusieurs régions de France.

QUELLES PERFORMANCES EN VERGERS DE PECHERS BIO : INTERET DES POLYPHENOLS

**Joël Fauriel¹, Johanna Bodendorfer¹
Valérie Gallia², Julien Ruesch², Stéphane Bellon¹,**
¹UR 767 INRA Ecodéveloppement – 84914 AVIGNON Cedex 9
fauriel@avignon.inra.fr
²SERFEL – 30800 SAINT GILLES

RESUME

Les consommateurs de produits bios justifient leur choix par l'impact favorable du mode de production sur l'environnement. Que peut-t-on espérer des autres performances à l'échelle du verger? A partir d'un réseau de parcelles d'arboriculteurs et d'une étude sur un verger expérimental, nous avons évalué les performances agronomiques et qualitatives d'une production de pêches conduite en agriculture biologique et intégrée. Sur la base d'éléments qualitatifs classiques (rendement, indice réfractométrique, fermeté, calibre), les pêches biologiques sont moins bien positionnées, alors que leur teneur en polyphénols atteint des niveaux jusqu'à 4,8 fois supérieurs à des fruits issus d'autre origine. Au sein même des modes de production, le niveau de fertilisation azoté semble influencer sur la composition des fruits en polyphénols. Le défi est de trouver des systèmes intermédiaires qui permettraient une production suffisante, de qualité, tout en conservant un environnement de qualité.

INTRODUCTION

La culture du pêcher en agriculture biologique (AB) peine à se développer : les conversions et installations bios restent limitées. Elle représente à peine 320 ha en France, localisés principalement dans le sud-est. Pourtant, l'AB bénéficie d'un fort intérêt auprès des consommateurs. Leurs attentes sont fortes sur la contribution de l'AB en matière de protection de l'environnement, de goût et d'effet bénéfiques des produits bio sur la santé. Les performances environnementales de l'agriculture biologique en vergers sont largement démontrées : l'abondance et la diversité des auxiliaires (avifaune, hyménoptères, névroptères, syrphes, vers de terre,...) l'est également (Sauphanor *et al*, 2005 ; Penvern *et al*, 2008). Mais qu'en est-il en matière de qualité des fruits bio? Peu de références mettent en avant leur intérêt nutritionnel ou permettent d'en expliquer les causes.

Il est vrai que les vergers conduits selon les principes de la bio (maintien de la fertilité des sols, absence de produits chimiques de synthèse,...), ne sont pas toujours les plus beaux à voir : peu vigoureux, souvent rouge cloque au printemps et peu chargés en fruits. L'urgence est-elle de rendre plus performants les vergers bios en les intensifiant, afin qu'ils parviennent à des rendements et calibres comparables à ceux de leurs voisins ? Ou plutôt, est-ce que de tels arbres n'exprimeraient pas une qualité autre que celle mesurée classiquement qui pourrait par contre avoir un intérêt nutritionnel plus grand ? L'objectif de ce texte est d'apporter des éléments de réponse à ces questions, à partir de nos observations de terrain chez des producteurs et en station expérimentale.

1 MATERIEL ET METHODES

1.1 Etude *in situ* à parti d'un réseau de parcelles d'agriculteurs (années 2004-2005)

Une étude sur l'analyse des performances en vergers de pêchers a été conduite en Moyenne Vallée du Rhône dans le cadre de projets INRA-PSDR en région Rhône-Alpes (Pluvinage *et al.*, 2006). Dans son ensemble, le dispositif comptait 50 parcelles et 4 variétés. Le travail spécifique sur les polyphénols a été conduit sur 12 parcelles de variété Spring Lady[®] (pêche jaune précoce) en 2004 (4 en AB et 8 en conventionnel -AC) et 10 en 2005 (5

AB et 5 AC). Les données proviennent (i) des mesures réalisées par l'INRA sur des placettes constituées de 6 arbres représentatifs du verger. (ii) du recueil des pratiques culturales. La qualité du bois porteur a été estimée à partir du nombre de rameaux mixtes par arbre et des caractéristiques des rameaux mixtes : longueur, diamètre, floribondité (nombre de fleurs par mètre de rameaux). Pour chaque passage réalisé (n=2 à 4), les rendements ont été mesurés et un échantillon de 20 fruits a été analysé au laboratoire « Pimprenelle » (IR, fermeté, acidité, jutosité, poids) sur les 2 calibres dominants. Les polyphénols ont été analysés sur 20 fruits du calibre dominant selon la méthode Folin-Ciocalteu revue par Georgé et al. (2005). Le statut hydrique et azoté a été déterminé en 2005 par la mesure du potentiel hydrique (PH) des feuilles avant récolte et une analyse foliaire 105 jours après la floraison. Les pratiques culturales ont été caractérisées à partir d'enregistrements parcellaires faits par les producteurs, complétés par un entretien en fin de saison.

1.2 Etude en station expérimentale (SERFEL, années 2007-2009)

La variété support est le n° INRA 6607 sur le porte- greffe GF 305. Cette pêche jaune est résistante au puceron vert (*Myzus persicae*). La plantation a eu lieu en 2000 sur une surface de 3000 m² (1500 m² et 3 rangs par modalité) à raison de 476 arbres par hectare. Cet essai permet de comparer 2 modes de production (AB, règlement CE.n°834/2007 et PFI, charte Sud Nature®) et 2 doses d'apports azotés en 2008 (Tableau 1). Les données agronomiques sont le résultat des récoltes du rang central de la parcelle élémentaire (11 arbres sur 33). L'analyse des polyphénols est réalisée à partir de 7 fruits prélevés sur 5 répétitions d'un arbre par modalité.

Tableau 1 : Apports d'azote réalisés en 2007 et 2008

Origine engrais	2007		2008	
	Modalité	Azote (kg/ha)	Modalité	Azote (kg/ha)
organique	AB	130	AB-1	120
			AB-2	150
minérale	PFI	120	PFI-1	120
			PFI-2	150

2 DES VERGERS BIOS PEU PRODUCTIFS

2.1 Niveau de fertilisation azotée, d'irrigation et nombre de gourmands (2004-2005)

En 2004, les apports d'eau ont été de 2683 m³ dans les vergers AB contre 3144 m³ en AC mais cet écart est réduit en 2005 (Tableau 2). Le calcul du bilan hydrique indique que les parcelles en AB subissent une contrainte hydrique légèrement plus importante. Sur les 2 années de l'étude, les apports azotés sont inférieurs en AB.

Tableau 2 : Gestion des intrants et mesures réalisées selon les deux modalités

Mode	Apport d'eau (M3/ha)	PH (2005, Mpa)	Apport azote (kg N.ha ⁻¹)	Azote feuilles (2005, g pour 100 g MS)	Pousses (nb par arbre)
AB	3189	3.9	58.2	2.8	12.4
AC	3380	3.2	80.9	2.8	22.8

Les itinéraires techniques diffèrent entre les deux modes de production. Ainsi, les parcelles AB ont reçu en moyenne sur deux ans 191 m³ d'eau en moins par hectare. L'indicateur utilisé pour le statut hydrique des plantes montre que les feuilles issues des vergers AC ont eu un meilleur confort hydrique (PH AC= 3.2 Mpa et PH AB = 3.9 Mpa). On observe également des niveaux azotés plus faibles en AB (proche de 23 unités d'azote par hectare). En revanche, on note une augmentation des apports d'eau et d'azote dans les vergers bios entre 2004 et 2005 réduisant ainsi l'écart entre les deux modalités.

2.2 Production des vergers commerciaux de Spring Lady® (2004-2005)

Entre 2004 et 2005, les niveaux de productions sont proches (variation maximale de 3 T/ha, Tableau 3). Les taux de sucre sont plus faibles en 2005 dans les 2 modalités probablement à cause de conditions climatiques plus défavorables sur l'ensemble des phases de croissance

du fruit (perte de calibre). Les rendements sont moitié (50,2 %) plus faibles en AB (13.8 T/ha vs 27.7 T/ha) . Le calibre des fruits est lui aussi inférieur en AB. Les arbres AB ont un potentiel de production initial plus faible (40,0 % de rameaux en moins et 41,7 % de fruits en moins). Malgré leur calibre plus faible, les fruits biologiques ne sont pas moins sucrés.

Tableau 3 - Performances agronomiques du verger expérimental (variété INRA n°6607)

Mode	Charge en rameaux (nb par arbre)	Charge en fruits (nb par arbre)	Rendement (T/ha)	% calibre A et +	IR (% brix)	Fermeté (kg.cm ² -1)
AB	77.6*	252.2*	13.8*	27.4*	8.9 ns	3.1 ns
AC	129.3*	432.6*	27.7*	47.2*	8.6 ns	3.2 ns

*significatif P<0.05

2.3 Production en verger expérimental

Les performances agronomiques sont comparables à celles observées en Rhône-Alpes sur cv. Spring Lady pour les critères de rendement, calibre et sucre. Les vergers bios ont un rendement plus faible (- 20 % dans cette parcelle expérimentale), les fruits sont de plus petits calibres mais de teneurs en sucre plus élevées. Le % de déchets est important en AB (29% vs 8%) du fait des dégâts liés aux ravageurs et aux maladies de conservation.

Tableau 4 - Performances agronomiques du verger expérimental (variété INRA n°6607)

	Modalité	Rdt (T/ha)	Calibre	Poids moyen (g) parcelle (échantillon)	IR	Fermeté
2007	AB	32.9	56.36 % A et +	178.12	9.95	4.29
	PFI	41.5	87.14 % A et +	192.46	8.92	4.75
2008	AB-1	28,9	B	154,6 (132.9)	9,8	5,2
	AB-2	28,9	A	166,9 (141.9)	9,8	5,2
	PFI-1	43,0	A	161,1 (157.6)	8,6	6,0
	PFI-2	36,8	A	173,9 (179.5)	8,8	5,7

3 ...MAIS DE HAUTE VALEUR NUTRITIONNELLE

3.1 Les polyphénols : des micronutriments aux nombreuses propriétés

Les polyphénols sont des métabolites secondaires présents dans tous les produits végétaux mais en quantité très variable selon les espèces, les organes et les stades phénologiques. Les composés phénoliques interviennent de manière importante dans les qualités sensorielles et nutritionnelles des fruits et légumes. Leurs effets sur la santé humaine sont aujourd'hui reconnus dans les domaines variés impliquant le stress oxydant comme le vieillissement cellulaire, la prévention de l'athérosclérose, des cancers et des maladies cardio-vasculaires. Leurs propriétés stimulatrices des défenses naturelles (SDN) antiseptiques, antibactériennes ou antifongiques, font que les polyphénols peuvent avoir une incidence sur les infestations phytoparasitaires (pucerons) au niveau de la plante ou sur la conservation des produits. (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

3.2 Teneurs en polyphénols des fruits dans les vergers de producteurs (2004-2005)

La teneur en polyphénols totaux (PT) des fruits, mesurée sur la matière fraîche, diffère selon que les pêches sont issues de vergers AB ou AC. Cette différence est significative sur Spring Lady en 2004 (147 mg EGA/100g MS en AB contre 67,25 mg EAG/100g MS en AC, p = 1,39 %). Cet écart n'est pas observé en 2005, probablement du fait de l'augmentation des apports d'eau et d'azote dans les vergers bios.

3.3 Teneur en polyphénols des fruits mesurée en station expérimentale (2007-2008)

Malgré des apports en eau et en azote supérieurs en 2007 sur la modalité AB, les teneurs moyennes en PT des fruits et des feuilles ont tendance à être supérieures en AB (non significatifs) (Tableau 5).

Tableau 5 - Teneur en polyphénols des feuilles et des fruits en 2007.

Modalité	PT fruits (mg/100g)	PT feuilles (mg/100g)
AB	178.70 ns	6.68 ns
PFI	151.64 ns	6.57 ns

En 2008, sur l'échantillon prélevé, la teneur en polyphénols est plus élevée pour des fruits bios que pour ceux en PFI (t-test : $p=0,012$). Au sein de chaque mode, on constate une teneur en polyphénols significativement plus élevée pour les fruits les moins fertilisés (120 U de N/ha) (t-test : $p=0,012$). La plus grande différence apparaît entre les fruits de la modalité Bio120 et ceux de la modalité PFI150. Les fruits de Bio150 et de PFI120 ont exactement la même teneur moyenne en polyphénols (figure 1). Le lien avec les performances agronomiques n'est pas possible compte-tenu de la non représentativité de l'échantillon par rapport aux données de récolte (poids moyen différents).

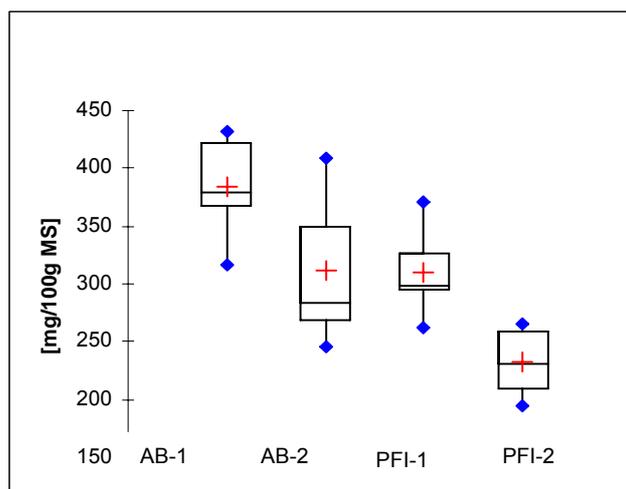


Figure 1 – Teneur en polyphénols des fruits (année 2008)

4 POUR UNE ARBORICULTURE BIOLOGIQUE PERFORMANTE

Des teneurs en polyphénols élevées dans les plantes augmentent la résistance aux infections fongiques et insecticides. Ceci pourrait avoir comme conséquence une moindre nécessité de recours aux produits dans la protection phytosanitaire des vergers. Le mode de production AB va au delà du règlement européen en s'identifiant comme cultures à faibles niveaux d'intrant pouvant concilier économie et environnement dans un souci de ne pas pénaliser la fertilité des sols et de produire des fruits de qualité.

Pour faire face à une diminution des marges par hectare (difficultés techniques à la production, concurrence accrue à la commercialisation), les agriculteurs biologiques ont tendance à vouloir atteindre les performances des vergers conventionnels pour améliorer leur compétitivité et reproduire les itinéraires techniques correspondants. Ce changement de pratique risque de nuire à la qualité nutritionnelle des fruits et d'augmenter le risque environnemental lié à des apports excédentaires d'eau et d'éléments fertilisants. Seules les parcelles conduites durablement à faibles niveaux d'intrants maintiennent une teneur en polyphénols élevée.

Entre une production de qualité mais réduite de moitié et ayant un moins bon bilan carbone, et une production à hauts rendements dont les effets sur l'environnement (faune auxiliaire, énergie,...) ou la qualité des produits sont peu satisfaisants, il existe un modèle à trouver conciliant à la fois des performances agronomiques (productivité), environnementales (bilan énergétique, biodiversité) et nutritionnelles.

BIBLIOGRAPHIE

- > GEORGÉ S., BRAT P., ALTER P., AMIOT M.-J. (2005): Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *J. Agric. Food Chem.* 53: 1370-1373.
- > PENVERN S., FAURIEL J., BELLON S., 2008 – Peach Aphid management in organic and conventional orchards: How to reconnect efficiency and ecology? ISHS Organic Fruit Conference. June 16-17 2008, Vignola, Italy.
- > PLUVINAGE J., DE SAINTE MARIE C., 2005 Vers une meilleure valorisation de la qualité des fruits frais au verger et en station d'expédition en Rhône Alpes. Rapport scientifique et technique.
- > SARNI-MANCHADO P., CHEYNIER V., coordinatrices, 2006. Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier Tec & doc.
- > SAUPHANOR B., BOUVIER J.-C., BOISNEAU C., RIEUX R., SIMON S., CAPOWIEZ Y., TOUBON J.-F., 2005 – Impacts biologiques des systèmes de protection en vergers de pommiers. *Phytoma - La défense des végétaux* n° 581, pp 32-36.