

Enjeux de la production de pommes sans résidus

Michael Gölles, Esther Bravin, Stefan Kuske et Andreas Naef

Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Andreas Naef, e-mail: andreas.naef@agroscope.admin.ch



La variété de pomme résistante à la tavelure Ariane.

Introduction

Dans la pomiculture, la lutte contre les agents pathogènes d'origine fongique et animale joue un rôle central, car une infestation de faible ampleur suffit à causer des pertes économiques aux arboriculteurs. Dans la production intégrée de pommiers, jusqu'à vingt traitements environ sont pratiqués contre les agents pathogènes, suivant les conditions météorologiques. Les produits phytosanitaires les plus fréquemment utilisés sont les fongicides.

La procédure d'autorisation des produits phytosanitaires fixe pour chaque principe actif des limites maximales de résidus et des délais d'attente entre la dernière application et la récolte, afin de garantir une consommation sans risque des produits. Jusqu'à présent, les autorités d'homologation ne publient aucune limite concernant le nombre de principes actifs identi-

fiables sur le produit. Différents grands distributeurs européens ont cependant mis en place des systèmes de management de la qualité pour réduire la quantité de résidus dans les denrées alimentaires, mais aussi le nombre de principes actifs utilisés pour la protection des plantes. En Suisse, un consensus a été trouvé au sein de SwissGAP entre production et commerce des denrées alimentaires: en plus des limites légales de résidus, le nombre toléré de principes actifs identifiables sur les produits de récolte a été fixé pour chaque espèce fruitière.

Il est difficile aux arboriculteurs qui pratiquent la production intégrée de satisfaire ces exigences. Au cours de la saison, différents agents pathogènes d'origine animale et fongique sont combattus de manière ciblée à l'aide de produits phytosanitaires sélectifs. Par ailleurs, pour éviter l'apparition de résistances, différents principes actifs sont souvent utilisés contre le même agent

pathogène. C'est pourquoi Agroscope a étudié quelles stratégies de protection des plantes permettaient de minimiser les résidus sur les pommes et si ces stratégies étaient économiquement rentables.

Méthode

En 2008, un essai de plusieurs années a été mis en place dans une plantation fruitière existante à Wädenswil. Cette publication présente les résultats des années 2009 à 2012.

Variétés

L'essai a porté sur la variété Golden Delicious (0,3 ha) et les variétés résistantes à la tavelure Ariane, Otava et Topaz (0,75 ha). La taille des blocs d'essais a été conçue de manière à permettre de cultiver les variétés comme dans la pratique (tabl. 1).

Stratégies phytosanitaires

Trois stratégies phytosanitaires différentes ont été comparées: la production intégrée (PI), la production biologique (BIO) et la production Low Residue (LR) (fig. 1). La stratégie LR consistait en une combinaison de la stratégie PI et de la stratégie BIO. Durant la première moitié de la saison (du débourrement jusqu'à mi-juin environ), les cultures ont été traitées à l'aide de fongicides selon le standard PI, pour lutter au mieux contre la tavelure et l'oïdium. Puis, les cultures ont été traitées à l'aide de fongicides biologiques, *Armcarb* (principe actif: bicarbonate de potassium) et *Myco-Sin* (principes actifs: argile sulfurée et extrait de prêle), tous deux combinés avec du

Résumé Dans la lutte contre les ravageurs, les maladies et les adventices, la production fruitière moderne mise avant tout sur des produits phytosanitaires sélectifs et respectueux des auxiliaires. Cela suppose l'emploi d'un grand nombre de principes actifs qui peuvent laisser des résidus dans les fruits. Différents grands distributeurs européens ont mis en place des systèmes de management de la qualité pour réduire la quantité totale de résidus, mais aussi pour réduire le nombre de produits phytosanitaires utilisés. Dans le cadre d'un essai de plusieurs années sur les pommes, Agroscope a étudié si la production sans résidu était faisable d'un point de vue agronomique et économique. Les résultats montrent qu'il est possible de produire des pommes sans résidu en adaptant les stratégies actuelles de protection des plantes contre les maladies fongiques. L'application d'une telle stratégie dans la pratique permettrait de répondre à une attente importante de la part des consommateurs. Cependant, sans différenciation de prix par rapport à la production intégrée, cette stratégie n'est pas rentable sur le plan économique.

Tableau 1 | Description des systèmes de production PI, LR et BIO

Système	PI Agroscope	LR	BIO
Blocs de variétés	Golden Delicious: variété sensible à la tavelure, année de plantation 1999, porte-greffes FLeuren 56, 1 bloc de 4 rangées par système Ariane: variété résistante à la tavelure (Vf), année de plantation 2006, porte-greffes Lancep, 2 blocs de 2 rangées par système Otava: variété résistante à la tavelure (Vf), année de plantation 2004, porte-greffes J-TE-E, 2 blocs de 2 rangées par système Topaz: variété résistante à la tavelure (Vf), année de plantation 2004, porte-greffes J-TE-E, 2 blocs de 2 rangées par système		
Régulation des rendements	Eclaircissements chimique et manuel	Eclaircissements chimique et manuel	Eclaircissements mécanique et manuel
Fumure	Selon les directives PI	Selon les directives PI	Selon les directives BIO
Protection phytosanitaire	Stratégie selon les recommandations Agroscope	Stratégie visant à minimiser les résidus de pesticides	Stratégie BIO usuelle dans la pratique
Maladies fongiques	Cf. fig. 1		
Feu bactérien	1–2 traitements à la streptomycine contre le feu bactérien		1–2 traitements de Myco-Sin-contre le feu bactérien
	Filet de protection sur toute la parcelle (barrière pour les abeilles contaminées)		
Carpocapses de la pomme	Technique des phéromones pour semer la confusion sur l'ensemble de la parcelle		
Autres ravageurs	1–2 traitements insecticides contre les pucerons et les autres ravageurs selon le seuil de tolérance		1–2 traitements insecticides contre les pucerons et les autres ravageurs selon le seuil de tolérance
Adventices	1–2 traitements herbicides dans les rangées d'arbres		Lutte mécanique contre les adventices dans les rangées d'arbres

	Débourrement	Pré-floraison	Floraison	Post-floraison	Été		Fin	
	Tavelure – Saison des infections primaires (ascospores)			Tavelure – Saison des infections secondaires (conidies)				
PI	1x Delan	2x Anilinopyrimidine	2x Strobilurine (Qol)	2x Triazole (SSH)	4 - 6x Captan	3 semaines		Récolte
LR	1x Delan	2x Anilinopyrimidine	1x Triazol (SSH)	5-6x Bicarbonate + soufre	2-3x Alumine + soufre	1x Bicarbonate	8 jours	
BIO	1x cuivre <small>uniquement Golden Del.</small>	3-4x Alumine + soufre	5-6x Bicarbonate + soufre	2-3x Alumine + soufre	1x Bicarbonate	8 jours	8 jours	

Figure 1 | Stratégies fongicides contre les maladies fongiques dans les variantes PI, LR et BIO.

soufre mouillable. Il n'existe pas de limites supérieures pour ces principes actifs qui ne sont d'ailleurs pas non plus répertoriés dans les screenings de résidus de pesticides. Les traitements en été et avant la récolte visent à lutter contre la tavelure et l'oïdium, mais aussi à réduire les infections dues à des agents de pourriture, qui entraînent des pertes lors du stockage.

L'ensemble du dispositif expérimental a été protégé par un filet anti-grêle. Les côtés et les bouts de parcelles ont également été fermés par des filets anti-grêle afin d'empêcher le passage des insectes. De plus, des distributeurs de phéromones ont été répartis sur toute la surface afin de semer la confusion parmi les carpocapses. Avec les stratégies LR et IP, la lutte contre les ravageurs, la régulation de la charge, la fumure et la lutte contre les adventices se déroulaient de la même manière. Avec la variante BIO, les cultures étaient traitées selon les directives de l'agriculture biologique. La figure 1 présente les stratégies fongicides et le tableau 1 les autres mesures d'entretien et de protection des plantes.

Relevé des données

Les données relevées sur la parcelle concernaient la présence de maladies, l'infestation par les ravageurs et le temps de travail investi. Après la récolte, le rendement et la qualité des fruits ont également été enregistrés. Les fruits stockés ont été contrôlés pour déterminer les maladies dues au stockage et les dommages physiologiques. Pour les stratégies LR et PI, les analyses de résidus ont été effectuées sur des échantillons de 2,5 kilos de pommes Golden Delicious et Topaz fraîchement récoltées. Ces échantillons ont été testés à l'aide de la méthode Multi (UFAG Laboratories, 6210 Sursee) afin d'identifier les principes actifs polaires et apolaires.

Tri et stockage

Après la récolte, tous les fruits ont été triés selon les directives de la Fruit-Union Suisse (FUS) pour les pommes de table. Un échantillon de 100 kg de pommes produites selon les différents procédés et de 20 kg de pommes provenant de la parcelle témoin non traitée a été stocké pendant six mois en entrepôt CA (controlled atmosphere, 1 °C, 1,5 % CO₂, 1,5 % O₂).

Evaluation économique

Le calcul du cash-flow a été réalisé à l'aide du modèle Arbokost (Agroscope 2013). Le cash-flow correspond à la somme des recettes et des amortissements annuels de la plantation de pommiers. Pour chaque variété et chaque procédé, le nombre réel d'heures de machines et d'heures de main-d'œuvre a été comptabilisé ainsi que les quantités de produits phytosanitaires et d'engrais. Les coûts de machines sont basés sur les tarifs d'Agroscope (Gazzarin et Lips 2012), les coûts de main-d'œuvre sur les tarifs de la Fruit-Union Suisse et les coûts d'infrastructure sur ceux d'Arbokost.

Les temps de récolte n'ont pas pu être enregistrés précisément car les parcelles (variétés x procédé) étaient trop petites. C'est pourquoi les heures de récolte ont été calculées sur la base d'un débit de récolte de 120 kg/MOh (heures de main-d'œuvre) et du volume de récolte final. Le calcul des revenus se base sur la part de pommes de catégorie I (selon les directives de la FUS). Les prix mentionnés sont les prix indicatifs publiés par la FUS (Agridea 2011, 2013). Pour les stratégies PI et LR, les prix indicatifs sont les prix PI, pour la stratégie BIO par contre, les prix indicatifs sont ceux de la production BIO. Les fruits à cidre et les fruits destinés à l'industrie n'ont pas été pris en compte dans le calcul des revenus.

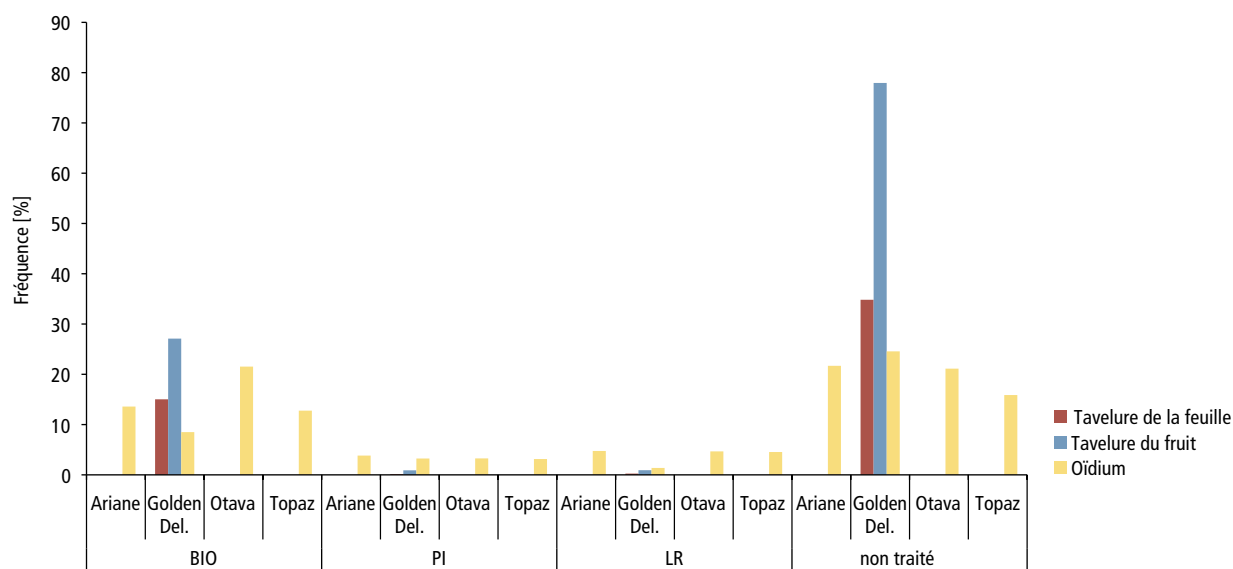


Figure 2 | Pourcentage de feuilles ou de fruits infestés par la tavelure et l'oïdium dans les différents procédés (moyenne de 2009 à 2012).

Résultats et discussion

Bons résultats contre la tavelure et l'oïdium

La stratégie LR a permis de lutter efficacement contre la tavelure et l'oïdium. En moyenne des années d'essai, avec les stratégies PI et LR, la fréquence des infestations de Golden Delicious par la tavelure de la feuille était inférieure à 0,5 % en été et celle des infestations par la tavelure du fruit au moment de la récolte inférieure à 1 % (fig. 2). Des infestations nettement plus élevées ont été observées dans le procédé BIO, à un point tel qu'il ne serait plus acceptable dans la pratique. Les mauvais résultats des cultures BIO peuvent s'expliquer par le fait

que les traitements n'ont été appliqués que de manière préventive et qu'aucune pulvérisation n'a eu lieu pendant la phase de germination des ascospores. Les résultats confirment que, dans le cas de la tavelure, il est important de lutter de manière optimale contre les infections causées par les ascospores en début de saison. Les résultats montrent également qu'il est difficile de maîtriser la tavelure avec les variétés sensibles dans la pomiculture biologique. La situation de l'oïdium est semblable à celle de la tavelure quel que soit le procédé. L'infestation par l'oïdium dans les différents procédés n'a cependant eu aucun impact sur le résultat économique. ➤

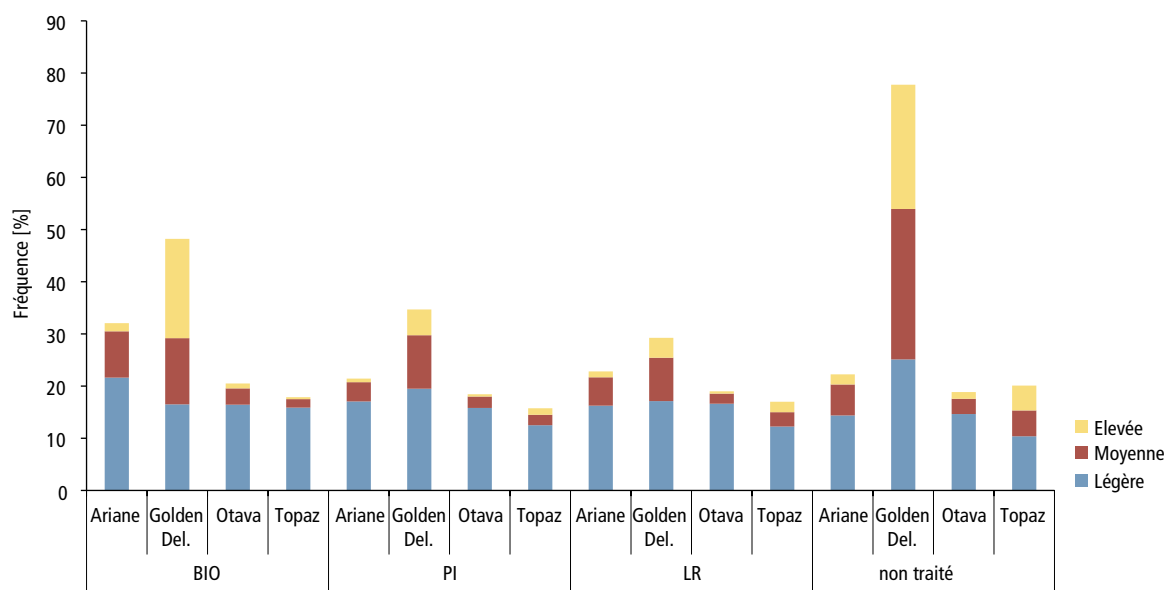


Figure 3 | Pourcentage de fruits atteints de rouille et intensité de la rouille au moment de la récolte dans les différents procédés (pourcentage dans la catégorie concernée, moyenne de 2009 à 2012).

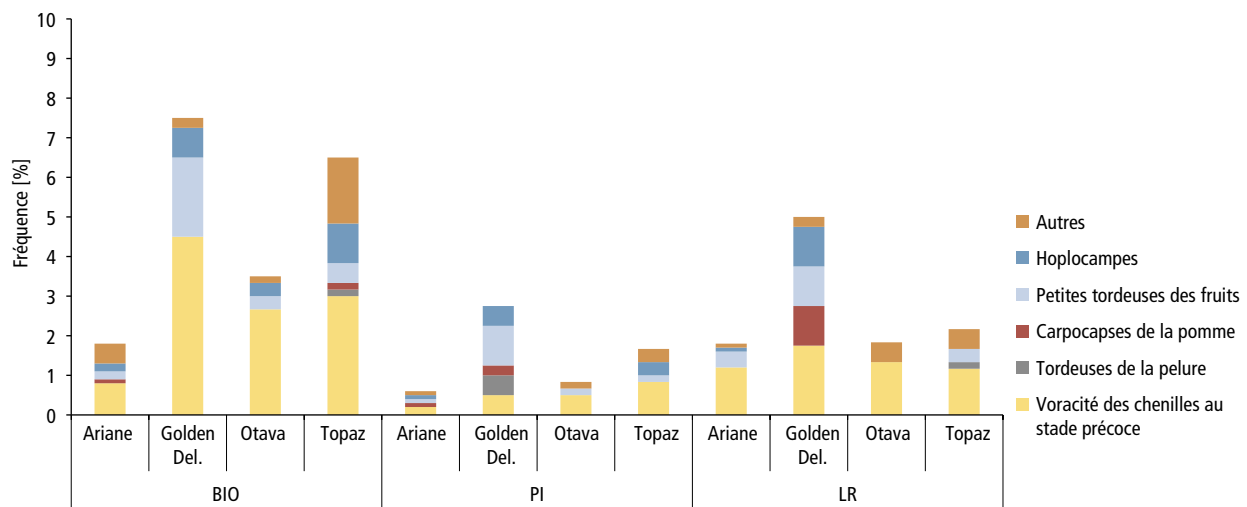


Figure 4 | Pourcentage de fruits endommagés par les ravageurs animaux dans les différents procédés (moyenne de 2009 à 2012).

BIO Golden Delicious plus sensible à la rouille

Afin d'évaluer l'effet des traitements sur la rouille des fruits, ces derniers ont été classés en trois catégories (infestation légère, moyenne, élevée). Les fruits légèrement atteints par la rouille ont été classés dans la catégorie de fruits de table. Les fruits des deux autres catégories ne peuvent plus être vendus comme fruits de table. Comme le montre la figure 3, les différences entre les procédés étaient minimes. Seuls les pommiers Golden Delicious avaient plus de fruits atteints de rouille moyenne à élevée dans la parcelle témoin non traitée ainsi que dans la parcelle BIO.

Les ravageurs ne posent pratiquement aucun problème

Dans l'ensemble, les ravageurs étaient peu nombreux au fil des années, quel que soit le procédé ou la parcelle. Généralement, il suffisait de faire un traitement contre les hoplocampes, un contre les pucerons et un contre les tordeuses de la pelure. Dans tous les procédés, l'infestation des fruits par les ravageurs a été relevée avant la récolte (fig. 4). Les principaux dommages étaient dus à la voracité des chenilles, mais les tordeuses de la pelure et les hoplocampes ont également causé de gros dégâts. Les pertes les plus importantes ont été constatées dans le procédé BIO. Suivant la variété, 1,5 à 7,5 % des fruits étaient abimés. Les procédés PI et LR ne présentaient pas de différences en ce qui concerne l'infestation par les ravageurs. La parcelle de pommiers Golden-Delicious, plus ancienne, a enregistré des dommages nettement plus lourds que les autres variétés, quel que soit le procédé considéré, sans doute du fait du volume plus important des arbres. La variété Ariane semble être peu attrayante pour les insectes ravageurs du fait des propriétés de ses fruits; en effet, on n'a constaté ici que de très faibles dommages, avec le procédé BIO également.

Pertes de stockage avec les variantes BIO et Low Residue

L'évaluation des fruits après le stockage n'a pas permis de mettre en évidence des différences significatives entre les procédés en ce qui concerne les dommages physiologiques liés au stockage. Des taches amères et des cas d'échaudure ont parfois été constatés, mais les pertes restaient très limitées. Seule la variété Ariane s'est montrée particulièrement sensible à Soft Scald, ce qui, certaines années, a entraîné des pertes importantes allant jusqu'à 20 %. Des différences nettes entre les procédés et les variétés ont par contre été constatées au niveau des maladies de conservation (fig. 5). Tous les procédés confondus, les plus grandes pertes ont été causées par les gloeosporioses (*Gloeosporium*). Les variétés Otava et Topaz notamment se sont montrées très sensibles à cette maladie fongique. Avec ces deux variétés, aucune différence n'a été observée entre le témoin non traité et les procédés BIO et LR. Ariane en revanche semble être très résistante aux pourritures dues à la conservation. Quant à Golden Delicious, les procédés PI et LR étaient équivalents en ce qui concerne les pourritures, alors que les pommiers du procédé BIO affichaient une infestation légèrement plus importante. L'important est de savoir que chaque relevé n'a pris en compte que les dommages principaux, c'est-à-dire l'agent pathogène qui attaquait la plus grande proportion du fruit. Cette méthode explique pourquoi l'infestation de Golden Delicious par les pourritures dues à la conservation est plus faible dans le témoin non traité que dans les procédés LR et BIO. Dans la plupart des cas, la tavelure de conservation (*Venturia inaequalis*) était responsable de la majorité des dommages. Les résultats montrent que les fongicides employés dans les procédés LR et BIO n'étaient pas en mesure d'empêcher l'infection des fruits sur le terrain par les agents pathogènes responsables des pourritures de conservation, ni de garantir la santé des fruits pendant leur stockage.

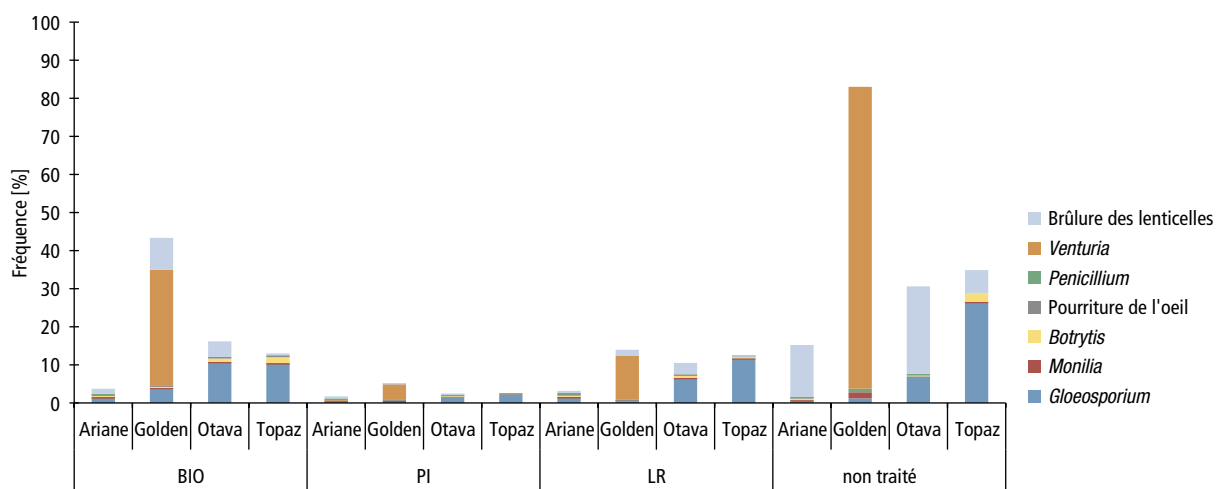


Figure 5 | Pourcentage de fruits atteints de pourritures de conservation au bout de six mois en entrepôt CA dans les différents procédés (moyenne 2009–2012).

Pas de résidus avec Low Residue

Les échantillons du procédé LR étaient exempts de résidu de 2010 à 2012 (tabl. 2). En 2009, un résidu d'un principe actif non appliqué (dérive) a été découvert dans l'échantillon LR. Le fait de restreindre l'utilisation des produits phytosanitaires chimiques de synthèse à la première moitié de la saison a donc eu le succès escompté. Des résidus ont été identifiés toutes les années dans les échantillons des parcelles PI. Les traitements contre les pourritures de conservation et les pucerons en été ont notamment laissé des traces de principes actifs dans les pommes. Les résidus étaient nettement en dessous des limites maximales fixées par la loi pour Captane (3 mg/kg), Trifloxystrobine (0,5 mg/kg) et Pirimicarbe (1 mg/kg).

Evaluation économique

En moyenne des années 2009 à 2012, les rendements des parcelles PI (38032 kg/ha) étaient plus élevés que ceux des parcelles LR (37103 kg/ha) et des parcelles BIO (20657 kg/ha). Le pourcentage de fruits de catégorie I lors du déstockage ou *pack out* était plus élevé pour le procédé PI (77%) que pour le procédé LR (68%) ou encore le procédé BIO (62%). Le *pack out* des Golden Delicious BIO était particulièrement bas avec seulement 38%, tandis qu'Ariane et Otava ont atteint un *pack out* de 70% même avec le procédé BIO. Le tableau 3 présente le cash-flow des années 2009 à 2012 pour les quatre variétés de pommes et les trois stratégies. Le cash-flow doit être positif pour qu'il soit possible de faire des réserves en vue de prochains investissements. ➤

Tableau 2 | Analyses de résidus des échantillons issus de la stratégie PI et LR (méthode Multi)

Année	Variété	Résidus en mg de principe actif /kg de récolte	
		PI	LR
2009	Golden Delicious	Captane 0,07	Aucun résidu
		Trifloxystrobine 0,03	
	Topaz	Captane 0,12	Trifloxystrobine 0,01 (Dérive!)
		Trifloxystrobine 0,07	
2010	Golden Delicious	Captane 0,32	Aucun résidu
		Trifloxystrobine 0,02	
	Topaz	Captane 0,58	Aucun résidu
		Trifloxystrobine 0,03	
2011	Golden Delicious	Pirimicarbe 0,05	Aucun résidu
		Captane 0,12 Trifloxystrobine 0,03	
2012	Golden Delicious	Captane 0,18	Aucun résidu
	Topaz	Captane 0,20	Aucun résidu

Tableau 3 | Cash-flow de 2009 à 2012 par variété et par procédé (fr./ha)

	BIO				PI				LR			
	Ariane	Golden D.	Otava	Topaz	Ariane	Golden D.	Otava	Topaz	Ariane	Golden D.	Otava	Topaz
2009	1574	4324	8646	113	-8636	-4105	-6862	-5660	-7905	2226	-4284	-5663
2010	5642	-9512	-7397	9958	-5238	-7750	-9024	-3773	-8242	-13 214	-10 083	-4549
2011	-539	x	7643	17 200	-5941	-625	-2481	-854	-6679	-179	-3591	-1858
2012	1545	-27 400	-8388	2574	-6383	-12 129	-5795	-2916	-6909	-16 087	-9141	-11 417

Suite à une erreur de relevé, les chiffres de Golden Delicious ne sont pas disponibles pour la stratégie BIO en 2011. En dépit de rendements plus faibles et d'un *pack out* bas, la production BIO affiche un cash-flow supérieur à celui des stratégies PI et LR. Ce résultat s'explique par le prix plus élevé des fruits (+ 100 %) et par les contributions à la surface (+ 1200 fr./ha) plus élevées pour la production BIO (Agridea, 2011, 2013). Le cash-flow des pommes Topaz BIO et Ariane BIO était toujours positif, sauf en 2011 pour Ariane. En 2012, les pommes Golden Delicious BIO affichaient un cash-flow fortement négatif en raison d'un rendement bas (15000 kg/ha). De 2010 à 2012, suite à un meilleur *pack out*, le cash-flow du procédé PI était plus élevé que celui du procédé LR, pour toutes les variétés à l'exception d'une seule. Malgré tout, la stratégie PI a elle aussi conduit à un cash-flow négatif. En effet, des analyses antérieures ont déjà montré que les revenus de la PI ne couvraient pas les coûts de production avec des coûts de main-d'œuvre standard (35 fr./MOh pour les chefs d'exploitations), 24 fr./MOh pour la main-d'œuvre interne et 21 fr./MOh pour la main-d'œuvre externe) (Bravin *et al.* 2011). Cela signifie d'une part que les salaires internes sont inférieurs au niveau standard et d'autre part qu'il n'est pas possible de constituer des réserves.

Conclusions

Les résultats du présent essai permettent de dégager plusieurs options pour le développement de la production intégrée. La combinaison de produits phytosanitaires chimiques de synthèse et produits phytosanitaires autorisés pour la production Bio et de méthodes de lutte alternatives comme la mise en place de filets sur les cultures, permet de bien maîtriser la tavelure de la pomme et l'oïdium ainsi que de nombreux ravageurs. Parallèlement, cette stratégie va aussi dans le sens de ce qu'attendent les consommateurs, à savoir des fruits avec peu ou pas de résidus de produits phytosanitaires. Toutefois, pour qu'une stratégie Low Residue soit également intéressante pour les producteurs, le succès économique doit être garanti. Dans l'essai, les rendements et la qualité de la récolte étaient comparables à ceux de la

stratégie PI, mais les pertes importantes pendant le stockage, notamment de Golden Delicious, Otava et Topaz, n'ont pas permis d'avoir une production rentable. Quelle que soit la stratégie, Ariane était la variété la plus résistante aux maladies, mais n'a pas non plus obtenu un résultat positif avec la stratégie LR. C'est pourquoi Agroscope étudie d'autres variétés résistantes, à la recherche de pommes qui conviendraient pour une production rentable et sans résidu. Le traitement des fruits à l'eau chaude après la récolte pourrait être une solution aux problèmes de pourriture durant le stockage. Des essais parallèles ont étudié l'efficacité d'un tel traitement. Un bon résultat a été obtenu sur les variétés sensibles Topaz et Otava, notamment contre la gloeosporiose (*Gloeosporium*), le principal agent pathogène dans cet essai (Good *et al.* 2012). Cependant, le traitement à l'eau chaude revient cher à cause de la consommation d'énergie et le prix des pommes issues de la production intégrée ne suffit pas à couvrir les coûts supplémentaires. La méthode doit encore être optimisée avant de pouvoir être rentable dans la pratique.

Enfin, il faut aussi se demander si une production de pommes sans résidu apporte un plus pour l'environnement. Dans le cadre du projet ENDURE de l'Union européenne terminé en 2010, la durabilité de différentes stratégies de protection des plantes a été étudiée dans la production de pommes (Naef *et al.* 2011). On a constaté que les variétés résistantes et les méthodes alternatives de protection des plantes, comme la mise en place de filets sur les cultures et la technique de lutte par confusion, permettaient de réduire considérablement l'écotoxicité. Un système cultural qui vise en plus à réduire les résidus de produits phytosanitaires a certes permis de mieux préserver les auxiliaires, mais n'a pas apporté d'améliorations en matière d'écotoxicité, de toxicité humaine et de consommation des ressources. C'est la preuve que le développement de systèmes de cultures fruitières novateurs doit être précédé de l'évaluation de durabilité, afin de pouvoir garantir une plus-value pour la branche fruitière, les consommateurs et l'environnement. ■

Remerciements

Nous remercions Heinrich Höhn, Maxie Hubert, Franz Gasser, Claudia Good, Reto Leumann et toute l'équipe de l'exploitation expérimentale pour leur soutien.

Riassunto**Sfide nella produzione di mele senza residui**

Per contrastare parassiti, malattie e malerbe, i moderni sistemi di produzione della frutta puntano su prodotti fitosanitari selettivi e non nocivi per gli insetti utili. Ciò presuppone l'impiego di un maggior numero di principi attivi diversi, che possono essere rintracciati sui frutti sotto forma di residui. Vari operatori europei della grande distribuzione hanno avviato sistemi di gestione della qualità volti a ridurre non solo la quantità complessiva di residui sugli alimenti, ma anche il numero dei diversi prodotti fitosanitari utilizzati. Quanto alle mele, Agroscope ha condotto un test pluriennale allo scopo di analizzare le possibilità di una produzione senza residui dal punto di vista tecnico-produttivo ed economico. I risultati mostrano che la produzione di mele da tavola senza residui è possibile purché si adegui l'attuale strategia di protezione dei vegetali dalle malattie fungine. L'attuazione di una simile strategia nelle pratiche colturali consentirebbe di rispondere a un'importante esigenza dei consumatori. Tuttavia, senza una differenziazione dei prezzi della produzione integrata, questa strategia non è redditizia dal punto di vista economico.

Bibliographie

- Agroscope (édit.), 2013. Arbokost, Verschiedene Versionen, Wädenswil, Schweiz.
- Agridea (édit.), 2011. Produzenten- Richtpreise 2009 und 2010, Lindau, Schweiz.
- Agridea (édit.), 2013. Produzenten- Richtpreise 2011 und 2012, Lindau, Schweiz.
- Bravin, E., Carint. D., Dugon J., Hanhart J. & Steinemann B., 2011. La production de fruits à pépins en Suisse sous la loupe.

Summary**Challenges of the residue-free apple production**

Crop protection in general and apple crop protection in particular rely on pesticides, but consumers demand a reduction of pesticide use and ideally an elimination of pesticide residues in order to minimize the impact on the environment and the risk for human health. Producers need information and advice to establish sustainable production systems that reduce the use and the residues of pesticides. Wholesalers in Europe introduced quality management systems in order to reduce residues and the used plant protection products. Agroscope tested during several years from a technical and economic point of view a low-residue strategy. The production of residue-free apples is possible. Alternative measures such as insect exclusion netting, mating disruption against codling moth (*Cydia pomonella*), mulching with leaves to reduce scab (*Venturia inaequalis*) inoculum, and modern storage techniques were applied. The production of low-residue apples meets consumer demand. However, economic calculation showed that the low-residue strategy is not profitable because of storage diseases. A price premium for low-residue production might be justified by environmental advantages.

Key words: pesticide residues, apple production, scab, *Gloeosporium*, economic evaluation.

- Bravin E., 2012. Investieren in Obst – Apfel ist nicht Birne. *Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau* 12/12, 10–13.
- Gazzarin, C. & Lips M., 2012. Coûts-machines 2012, Rapports ART 753, Tänikon, Schweiz.
- Good C., Gasser F. & Naef A., 2012. Heisswasserbehandlung von Kernobst. *Schweizer Zeitschrift für Obst und Weinbau* 24/12, 10–14.
- Naef A., Mouron P. & Höhn H., 2011. Production de pommes: évaluation de la durabilité de stratégies phytosanitaires, *Recherche Agronomique Suisse* 2 (7–8), 334–341.