

Dix ans de flavescence dorée au Tessin

Mauro JERMINI¹, Santiago SCHAEERER², Hélène JOHNSTON², Luigi COLOMBI³ et Cristina MARAZZI³

¹Agroscope, 6593 Cadenazzo, ²Agroscope, 1260 Nyon, ³Servizio fitosanitario cantonale, 6500 Bellinzona

Renseignements: Mauro Jermini, e-mail: mauro.jermini@agroscope.admin.ch, tél. +41 91 850 20 30, www.agroscope.ch



Cep de Merlot atteint de flavescence dorée.

Introduction

Les phytoplasmes, bactéries sans paroi appartenant à la classe des Mollicutes, infectent de nombreuses espèces végétales (Bertaccini 2007). Ces parasites obligatoires du phloème dépendent, pour leur diffusion, d'insectes vecteurs se nourrissant de sève élaborée. Les cicadelles et les psylles sont, pour cette raison, leurs vecteurs les plus importants (Weintraub et Beanland

2006). Les deux maladies à phytoplasmes qui infectent la vigne sont le bois noir (BN) et la flavescence dorée (FD). Le BN est causé par '*Candidatus phytoplasma solani*', du groupe ribosomal 16Sr-XII-A (Stolbur), tandis que la FD est due à '*Candidatus phytoplasma vitis*', du groupe ribosomal 16Sr-V (Elm yellows) (IRPCM 2004). La FD est réglementée (ordonnance sur la protection des végétaux RS 916.20), classée comme organisme de quarantaine et soumise à la lutte obligatoire, car son déve-

loppement hautement épidémique est à l'origine de pertes économiques importantes. En Europe, observée pour la première fois dans les vignobles français en 1960 (Schvester *et al.* 1961), la FD s'étend actuellement dans l'est de l'Europe, en Autriche (Reisenzein et Steffek 2011) et en Croatie (Music *et al.* 2011).

La cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball, originaire d'Amérique du Nord et introduite accidentellement en Europe dans les années 1950 (Bonfils et Schvester 1960), est le seul vecteur prouvé de transmission épidémique de la maladie de vigne à vigne (Schvester *et al.* 1961).

En Suisse, *S. titanus* a été signalé pour la première fois au Tessin en 1967, puis dans les cantons de Genève (1996), Vaud (2007) et Valais (Bas-Valais en 2007, Valais central en 2013) (Christian Linder, comm. pers.). La FD n'a été découverte qu'en 2004, au Tessin, déclenchant ainsi la lutte obligatoire dans ce canton (Schaerer *et al.* 2007).

Cet article présente les résultats du suivi de l'évolution et de la distribution spatio-temporelle de la FD dans le vignoble tessinois de 2004 à 2013, analyse la présence du vecteur dans des parcelles soumises à la lutte obligatoire et donne une vision de l'avenir de la gestion de la FD.

Matériel et méthodes

Echantillonnage de matériel végétal symptomatique au Tessin

Les ceps présentant des symptômes de jaunisse doivent être obligatoirement annoncés depuis 2005 au Service phytosanitaire cantonal tessinois. Ce dernier décide annuellement des mesures de lutte et prospecte de son côté la FD dans les parcelles et les communes contaminées, dans leurs environs et dans les principales zones viticoles du vignoble tessinois. En règle générale, au moins deux sarments symptomatiques sont prélevés dès le stade phénologique G-H dans les parcelles déjà atteintes ou, sinon, entre juillet et octobre (période d'expression des symptômes foliaires). Le matériel prélevé et étiqueté est envoyé, en respectant les normes

Résumé La flavescence dorée (FD), une phytoplasme de quarantaine, est apparue en 2004 en Suisse, dans les vignobles tessinois où elle est confinée. Sa progression dans le territoire a été constante. Globalement, 37,4 % des échantillons analysés ont été diagnostiqués FD-positifs. Au total, 188 parcelles, appartenant à 161 producteurs, ont été infectées durant ces dix dernières années. Dans 13 % de ces parcelles, la FD a été diagnostiquée durant une période de quatre à dix ans, en dépit des directives de lutte obligatoire. Ces dix années de flavescence dorée font apparaître la complexité du système et la nécessité de mieux comprendre la sensibilité variétale, le rôle possible de vecteurs alternatifs et d'autres plantes hôtes de la FD que la vigne, les relations écologiques et l'influence de l'environnement sur les éléments du système. Notre expérience montre qu'il faudra apprendre à cohabiter dans la durée avec cette maladie.

de biosécurité, au laboratoire de virologie-phytoplasmiologie d'Agroscope Changins pour diagnostic moléculaire. S'il est positif, la branche à fruit d'une vigne positive est coupée pour dévitaliser la plante qui, selon les dispositions de lutte obligatoire, devra être arrachée avant le 1^{er} mars de l'année suivante. Des contrôles annuels ont été effectués dans des parcelles où la FD était régulièrement présente malgré la lutte obligatoire (tabl.1). A Arzo, ces contrôles ont été effectués dans une parcelle de Chardonnay, voisine d'une parcelle échantillonnée pour la détection de vecteurs de la maladie (tabl.1).

Tableau 1 | Principales caractéristiques des vignobles contrôlés depuis l'apparition des premiers foyers de FD

Vignoble	District	Cépage	Surface (m ²)	Mode de conduite	Année de détection FD
Arzo	Mendrisio	Merlot	2000	Guyot simple	2004
Gerra-Piano	Locarno	Chardonnay et Merlot	13 000	Guyot double	2006
Losone	Locarno	Chardonnay	6500	Guyot double	2006
Magliaso	Lugano	Merlot	7500	Guyot simple	2007

Diagnostic moléculaire

Purification des ADN

Pour chaque échantillon suspect, deux fragments de pétioles (30 mg chacun) sont prélevés et transférés dans un tube Eppendorf contenant une bille de tungstène. Le tube est congelé à l'azote liquide et soniqué (2 x 1 min à 30 Hz) dans une station TissueLyser (Qiagen). Après adjonction de 1 ml de tampon d'extraction (200 mM Tris.Cl pH 8,0, 100 mM EDTA, 0,5 % Tween 20, 50 µg/ml protéinase K), le tube est soniqué une troisième fois (1 min à 30 Hz). Après deux incubations (30 min à 50 °C, puis 20 min à 85 °C), les tubes sont centrifugés (7500 rpm, 5 min). Pour chaque échantillon, 200 µl de surnageant sont transférés dans une station de purification Bio-Sprint 96 (Qiagen), où les ADN purifiés sont resuspendus dans 200 µl d'eau, puis conservés à -20 °C.

Amplification par nPCR (*nested PCR* ou PCR nichée)

La première amplification est réalisée dans un thermocycleur TProfessional (Biometra), dans un volume réactionnel de 25 µl, comprenant entre autres 2 µl d'ADN purifié (~80 ng), 1 U de GoTaq polymérase (Promega) et les amorces universelles P1 et P7 (Schneider *et al.* 1995) à 1 µM. Les paramètres d'amplification sont: dénaturation initiale de 2 min à 94 °C, suivie de 30 cycles de dénaturation (94 °C, 1 min), hybridation (57 °C, 1 min) et polymérisation (72 °C, 1,5 min). La deuxième amplification est réalisée dans un volume de 25 µl, dont 1 µl du produit d'amplification P1/P7, 1 U de GoTaq polymérase (Promega) et les amorces spécifiques fB1 et rULWS1, ainsi que fSTOL et rSTOL (Schaefer *et al.* 2007), à 1 µM. Les paramètres d'amplification sont: dénaturation initiale de 1 min à 94 °C, suivie de 35 cycles de dénaturation (94 °C, 1 min), hybridation (55 °C, 1 min) et polymérisation (72 °C, 1,5 min). Les amplicons (tailles attendues: 570 pb pour le BN et 1500 pb pour la FD) sont visualisés en lumière UV sur gel d'agarose en présence de bromure d'éthidium.

Détermination des populations de *Scaphoideus titanus*

Les populations de *S. titanus* ont été suivies pendant plusieurs années dans des parcelles en lutte obligatoire, généralement dès la première année de lutte, afin d'évaluer l'efficacité de la stratégie de lutte dans le temps. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques des vignobles contrôlés. Les formes immatures ont été échantillonnées à Arzo et Losone jusqu'en 2011 seulement, le contrôle des adultes se poursuivant encore en 2012. La récolte des formes immatures s'effectue par technique de frappage adaptée de l'arboriculture (Steiner 1962): trente ceps sont secoués

chaque semaine au-dessus d'un entonnoir de toile muni d'un récipient. Les insectes sont congelés rapidement, puis comptés et déterminés à la loupe binoculaire en laboratoire. Les adultes sont suivis à l'aide de pièges jaunes englués de type Aéroxon®, disposés horizontalement à hauteur des grappes et relevés hebdomadairement selon les recommandations de Jermini et Baillod (1996).

Résultats et discussion

Evolution de la flavescence dorée

La FD a été découverte par hasard en 2004 dans une parcelle de Gamaret à Pedrinate (Mendrisiotto). La dimension du foyer indiquait que la maladie était déjà présente depuis plusieurs années (Schaefer *et al.* 2007). Les prospections effectuées en 2004 à partir du foyer d'origine ont trouvé la FD dans sept autres parcelles situées à Pedrinate, Arzo et Novazzano. Dans ces localités, les sondages effectués dans des parcelles de Charonnay depuis 2000 n'avaient détecté que du BN. Malgré la lutte obligatoire déclenchée dans le Mendrisiotto et la disposition en mosaïque du vignoble tessinois censées limiter sa diffusion, la FD s'est propagée vers le nord dans d'autres districts du canton et désormais dans presque toutes les zones viticoles tessinoises: en 2005 dans le district de Lugano, en 2006 dans ceux de Bellinzona et de Locarno, en 2011 dans la Riviera et en 2012 dans le Valle Maggia (tabl. 2). Actuellement, seuls les districts de Blenio et de Leventina sont exempts de FD. Le retour de la FD dans le Bellinzonese en 2010 (tabl. 2) est très probablement lié à la découverte d'un important foyer jamais signalé auparavant, même si des cas positifs ont aussi été trouvés dans deux autres communes, plus éloignées.

Le tableau 2 présente l'évolution annuelle de la maladie, basée sur des prospections et exprimée en pourcentage d'échantillons FD-positifs du total analysé par district. Les valeurs présentées dépendent du nombre d'échantillons récoltés et diagnostiqués par foyer et, à ce titre (on ne peut pas tout récolter et tout analyser), ne sont qu'un reflet de l'étendue et de la propagation réelles de la FD.

Une représentation annuelle de l'évolution et de la propagation de la maladie apparaît dans la figure 1: le nombre de parcelles FD-positives passe ainsi de huit en 2004 à nonante en 2013. Au total, 188 parcelles, appartenant à 161 producteurs, ont été infectées durant ces dix années. Elles se concentrent surtout dans le district de Lugano, avec une progression particulièrement importante en 2013 (fig.1). Cet accroissement est lié à la présence de très petites parcelles privées,

souvent ornementales et composées de cépages issus de *Vitis labrusca*, comme Isabella ou Catawba, ou à des parcelles de taille modeste appartenant à de petits producteurs. Cela complique considérablement la détection de ceps symptomatiques et, par conséquent, la gestion de la lutte.

En moyenne, 48,9 % des parcelles infectées sont dans le district de Lugano, 26,1 % dans le Mendrisiotto, 12,2 % dans le Locarnese, 11,7 % dans le Bellinzonese et 0,5 % dans les districts de Valle Maggia et Riviera. Au total, la FD a été diagnostiquée sur 21 cépages différents, comme le Chardonnay et le Gamaret, parmi les plus sensibles, les hybrides comme le Maréchal Foch et le Cabernet Jura, l'Isabella ou le Merlot, un des plus tolérants. Les symptômes s'observent plus facilement sur des cépages sensibles que sur des cépages plus tolérants. Sur Chardonnay, par exemple, ils touchent l'ensemble de la haie foliaire alors que, sur Merlot, ils n'affectent que quelques sarments et ne sont pas toujours clairement reconnaissables. Les bases de la sensibilité variétale, phénomène connu, sont difficiles à expliquer. Une variété sensible pourrait ainsi non seulement

exprimer des symptômes plus marqués, mais aussi stimuler la capacité d'acquisition du phytoplasme et sa transmission (Bressan *et al.* 2005). D'autres travaux attribuent la différence de sensibilité variétale à une variation des titres en phytoplasmes dans la plante (Roggia *et al.* 2014).

Flavescence dorée et bois noir, deux phytoplasmoses associées?

De 2004 à 2013, 3484 échantillons ont été analysés. Le nombre annuel d'analyses varie selon l'incidence des jaunisses dans le territoire, avec un minimum de 230 échantillons en 2005 et un maximum de 500 en 2013.

Globalement, 35,7 % des échantillons sont FD-positifs, 43,9 % sont BN-positifs, 18,7 % sont négatifs pour les deux phytoplasmoses et 1,7 % sont FD et BN-positifs. Ces doubles positifs, visibles surtout durant les premières années (pics à 9,6 % des échantillons en 2005 et à 4,9 % en 2006), diminuent drastiquement dès 2007 pour disparaître complètement dès 2011 (fig. 2). L'évolution comparative de la FD et du BN montre que, dans les années à forte pression de l'une des maladies,

Tableau 2 | Répartition en % des échantillons symptomatiques diagnostiqués FD+, par district et par année, de 2004 à 2013. Chaque valeur correspond au pourcentage d'échantillons FD+ sur le total d'échantillons analysés de chaque district

District	Années									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Mendrisio	20,3	30,8	11,6	25,9	20,0	35,0	50,0	51,0	49,0	42,0
Lugano	0,0	5,0	7,1	32,7	34,8	64,0	69,0	46,0	60,0	76,0
Bellinzona	0,0	0,0	6,5	12,8	0,0	0,0	36,0	41,0	39,0	36,0
Locarno	0,0	0,0	28,2	23,5	18,2	39,0	29,0	23,0	40,0	69,0
Riviera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0	10,0	0,0
Valle Maggia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	62,0

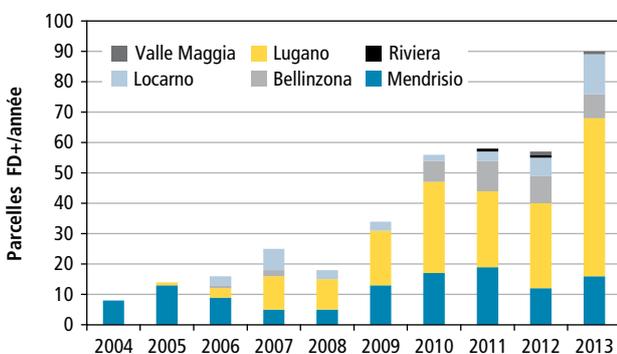


Figure 1 | Evolution par année du nombre de parcelles positives à la flavescence dorée (FD+), par district, dans le canton du Tessin.

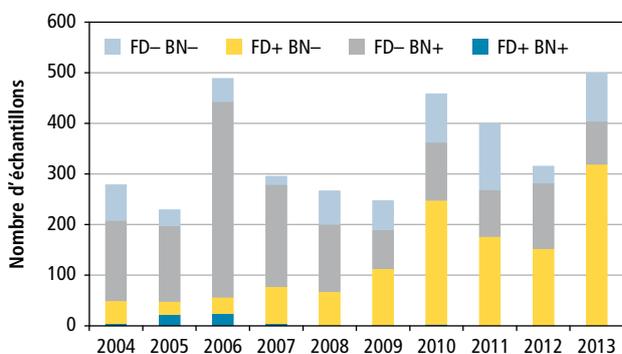


Figure 2 | Répartition des résultats d'échantillons symptomatiques prélevés dans les parcelles suspectes de 2004 à 2013. FD = flavescence dorée, BN = bois noir, - = négatif à l'analyse, + = positif à l'analyse.

l'autre manifeste une présence plus réduite. En 2006 par exemple, c'est le BN qui est largement présent au Tessin (et aussi ailleurs en Suisse), alors qu'en 2013 c'est la FD qui domine (fig. 2).

Le BN est présent dans toutes les zones viticoles tessinoises. Sur la base de nos données, 38 % des 188 parcelles FD-positives ont aussi été positives au BN à un moment donné, avant (9,4 % des parcelles), pendant ou après avoir été diagnostiquées FD-positives. Cela laisse supposer une coexistence des deux phytoplasmes dans la même plante. Roggia *et al.* (2014) décrivent cette cohabitation dans des plantes doublement positives sur les cépages Barbera et Nebbiolo, où le BN n'apparaît à l'analyse qu'en fin d'été. Ils décrivent également la fluctuation du titre en phytoplasmes à FD dans les plantes, faible au printemps, élevé dans la première partie de l'été puis à nouveau faible à la fin de l'été. Angelini *et al.* (2006) montrent aussi, dans des vignobles où les deux maladies sont présentes, que les ceps positifs à la FD apparaissent surtout pendant la première partie de la saison végétative, tandis que le BN ressort surtout dans la deuxième partie. Nos propres résultats vont dans le même sens: en moyenne, 56 % des échantillons analysés de mai à août pour la période 2008–2013 sont FD-positifs (contre 22 % de BN-positifs), tandis que de septembre à novembre, les taux se rapprochent (39 % FD-positifs contre 41 % BN-positifs). Cette évolution épidémique saisonnière, mais aussi cyclique, fait apparaître les «années de crise» pour la pratique, où l'augmentation de la FD correspond à une diminution du BN comme en 2010 et 2013. Pour maximiser la détection des ceps touchés par la FD, il vaudrait donc mieux prospecter les symptômes et récolter les échantillons pour le diagnostic durant la première moitié de la saison végétative, de mai à juillet.

Cependant, il faut souligner que, outre les différents cas de figure diagnostiqués (FD-positif, BN-positif, ou les deux), bon an mal an, 18,7 % en moyenne des échantillons sont testés négatifs. La part des échantillons doublement négatifs (à la FD et au BN) s'accroît à 42 % lorsque ceux-ci sont prélevés tard dans la saison (fin octobre–novembre). Cependant, cette part des doublement négatifs augmente aussi lorsque les échantillons sont prélevés très tôt. Cela montre que la dynamique des populations de phytoplasmes et leurs mouvements dans la plante sont encore peu connus. Le titre en phytoplasmes est beaucoup plus faible dans les hôtes ligneux que dans les herbacés et, de plus, irrégulier et intermittent (Rekab *et al.* 2010). Chez de nombreuses espèces fruitières ligneuses (vigne, poire, pomme, abricot, etc.), les phytoplasmes migrent avec la sève en fin de saison dans le système racinaire pour y

passer l'hiver (Seemüller et Harries 2010) et, pour autant que leur hôte ait survécu, le recolonisent au printemps suivant.

La multiplication des phytoplasmes et l'expression des symptômes qu'ils induisent semblent en outre modulées par la température. D'après Galetto *et al.* (2011), les phytoplasmes se multiplient davantage dans l'insecte vecteur lorsque les températures sont «fraîches» (18–22 °C) alors que, dans la plante, cette prolifération est plus rapide avec des températures plus «chaudes» (22–26 °C). Salar *et al.* (2013) ont montré que le phytoplasme se multiplie presque deux fois plus vite dans *Vicia faba* lorsque cette dernière est cultivée à 25 °C plutôt qu'à 20 °C; à cela se corrèle l'apparition de symptômes avec une semaine d'avance.

Notons enfin que les méthodes de détection, même ultra-sensibles comme la nPCR, ont leurs limites: notamment en début de saison, lorsque le titre est encore très faible ou que les phytoplasmes n'ont pas recolonisé toute la plante (et l'échantillon prélevé pour diagnostic) ou tard dans la saison, lorsque la sève est déjà redescendue. Le recours à des techniques *a priori* encore plus sensibles (qPCR) ne résout pas le problème (Johnston *et al.* 2014). Pour dépasser ces contraintes, une voie serait de passer à l'analyse de type protéomique, plutôt que moléculaire (Margaria et Palmano 2011; Margaria *et al.* 2013), qui suivrait les changements induits par les phytoplasmes dans certaines protéines de la vigne.

Dix ans de lutte pour rien?

L'analyse des contrôles diagnostics de ces dix années de lutte obligatoire montre que, dans 87 % des 188 parcelles FD-positives, la maladie a été détectée sur un à trois ans (fig. 3). Dans les 13 % restants, la FD a été diagnostiquée durant quatre (9 % des parcelles) à dix ans (0,5 % des parcelles). Parmi les parcelles en première année d'infection, 23,9 % correspondent aux nouveaux cas diagnostiqués en 2013, malgré les traitements insecticides contre *S. titanus* (tabl. 3) et les campagnes d'arrachage et de destruction de ceps malades. Ces données reflètent l'expression de la FD dans le temps et indiquent une présence constante de la maladie. Dans de telles parcelles, la FD est régulièrement diagnostiquée, mais souvent sur un très petit nombre de ceps (tabl. 4). Cette situation a pour conséquence de pérenniser la lutte obligatoire, alors que les populations du vecteur sont très faibles, voire nulles. Des inspections dans des parcelles confrontées à une situation similaire (données non présentées) confirment ces observations et évoquent le rôle potentiel de relais alternatifs du phytoplasme à FD, tant au niveau de la vection

(par d'autres insectes que *S. titanus*), que de l'hébergement (par d'autres plantes que la vigne).

Par exemple, le fulgore d'Europe (*Dictyophara europa*) est capable de transmettre le phytoplasme de la FD de la clématite (*Clematis vitalba*) à la vigne (Filippin *et al.* 2009), tout comme *Oncopsis alni* est capable de le faire de l'aulne (*Alnus glutinosa*) à la vigne (Maixner *et al.* 2000). Au Tessin, deux échantillons de clématite ont été diagnostiqués FD-positifs en 2007, sans pouvoir mettre en évidence d'autres cas, ni trouver des exemplaires positifs de *D. europa* (Cavadini 2012). La cicadelle *Orientalis ishidae*, capturée dans des vignes, a également été trouvée positive à la FD (Mehle *et al.* 2011).

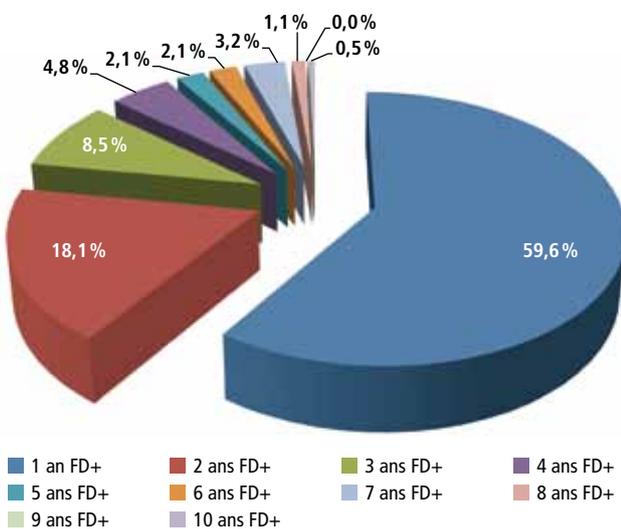


Figure 3 | Répartition (%) des parcelles positives à la flavescence dorée (FD+), en fonction de la durée (nombre d'années) où elles sont diagnostiquées FD+.

Tableau 3 | Evolution des populations de *S. titanus* dans quatre vignobles tessinois depuis 2005

Année	Arzo		Gerra-Piano		Losone		Magliaso	
	FM	AD	FM	AD	FM	AD	FM	AD
2005	19	0,6						
2006	0	0,5						
2007	0	0,1	8	0,1	6	0,1		
2008	0	0,0	0	0,9	0	nc	61	0,9
2009	6	0,0	9	0,1	4	0,3	3	0,1
2010	0	0,0	0	0,2	0	0,9	0	0,2
2011	1	0,0	2	0,9	3	0,8	0	0,9
2012	nc	0,0	nc	nc	nc	0,1	0	nc
2013	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc

FM = total cumulé par semaine des captures des formes mobiles (frappage sur 30 cep); AD = total cumulé des captures des adultes exprimé en adultes/piège; nc = non contrôlé.

Filippin *et al.* (2011) ont aussi trouvé de la FD dans des échantillons d'*Ailanthus altissima*, qui devient donc aussi une plante hôte alternative. Les deux souches de FD identifiées dans *A. altissima* étant identiques à celles trouvées dans *C. vitalba*, les auteurs considèrent qu'un «échange» de phytoplasmes est possible entre ces deux espèces. Enfin, le fait que d'autres cicadelles soient utilisées en laboratoire pour transmettre la FD à *Vicia faba* permet d'envisager l'existence d'autres vecteurs et plantes hôtes. En effet, il a été démontré que *S. titanus* peut réaliser son cycle de développement larvaire ailleurs que sur la vigne, par exemple sur le trèfle blanc (*Trifolium repens*) et le bouton-d'or (*Ranunculus repens*), deux hôtes nutritionnels alternatifs (Trivellone *et al.* 2013). Cela laisse supposer que le phytoplasme peut être transmis à ces espèces pérennes par la cicadelle pour des raisons trophiques (l'apport d'azote à partir de ces adventices stimule le fitness de l'insecte). D'autre part, des pratiques culturales comme la fauche des interlignes, et donc des adventices qui les peuplent (dont *T. repens* et *R. repens*), vont provoquer la migration des cicadelles vers les rangs. Les vignes infectées pourront ainsi réacquérir le phytoplasme de la FD et, plus important, des vignes saines être infectées, contribuant ainsi à l'expansion de la maladie.

Enfin, il apparaît depuis peu qu'au moins une cicadelle autre que *S. titanus* peut héberger le phytoplasme de la FD (communication/manuscrit en préparation). Des essais sont en cours pour montrer que le phytoplasme peut se multiplier dans cet insecte et celui-ci transmettre le phytoplasme à la vigne.



Tableau 4 | Nombre d'échantillons FD+ sur le total d'échantillons symptomatiques analysés (TotE) dans quatre vignobles tessinois à partir de 2004

Année	Arzo		Gerra-Piano		Losone		Magliaso	
	TotE	FD+	TotE	FD+	TotE	FD+	TotE	FD+
2004	3	1						
2005	27	6						
2006	9	4	12	5	21	18		
2007	1	1	11	8	3	2	17	4
2008	18	10	5	2	2	1	52	28
2009	16	11	1	1	4	4	17	7
2010	5	2	2	0	3	2	2	1
2011	9	6	5	2	3	3	4	1
2012	6	5	9	2	3	3	5	4
2013	6	1	5	0	7	6	3	1

Conclusions

- Après dix années de lutte obligatoire au Tessin contre la FD, cette dernière doit être vue comme une partie d'un système constitué de quatre éléments, eux-mêmes en interaction complexe: la plante, le vecteur, la maladie et l'agrosystème viticole. Cette interaction complexe comporte beaucoup de zones d'incertitude, qui limitent, dans l'immédiat, le développement de stratégies de lutte efficaces. Ces incertitudes concernent:
 - La relation sensibilité variétale - infection - expression de la FD.
 - L'interaction plante - phytoplasmes (FD-BN) sur l'expression, le mouvement, la compétition et la survie des phytoplasmes *in planta*.
 - La transmission: *S. titanus* est-il le seul vecteur de la FD? Rôle éventuel de vecteurs alternatifs.
 - La présence et le rôle des autres plantes hôtes de la FD que la vigne.
- Les relations écologiques vignoble - *S. titanus* - autres vecteur(s) - plante(s) hôte(s) et l'influence des techniques et pratiques culturales (p. ex. la fauche).
- L'influence des éléments climatiques, écologiques et géographiques sur la densité et la dynamique des populations, la distribution spatio-temporelle et les capacités migratoires de *S. titanus*.
- Notre expérience, associée à celle d'autres pays viticoles où la FD est présente depuis longtemps, montre qu'il faudra apprendre à cohabiter dans la durée avec cette maladie, ce qui sera possible en changeant d'approche. En éclaircissant ces incertitudes et en développant un système de gestion adaptative, la cohabitation avec la maladie dans un système complexe, évolutif, sera effectivement possible tout en respectant une production écologique. ■

Bibliographie

- Angelini E., Filippin L., Michielini C., Bellotto D. & Borgo M., 2006. High occurrence of Flavescence dorée phytoplasma early in the season on grapevines infected with grapevine yellows. *Vitis* **45** (3), 151–152.
- Bertaccini A., 2007. Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology. *Frontiers in Bioscience* **12**, 673–689.
- Bonfils J. & Schvester D., 1960. Les cicadelles (*Homoptera Auchenorrhyncha*) dans leurs rapports avec la vigne dans le Sud-ouest de la France. *Ann. Epiphyties* **11** (3), 325–336.
- Bressan A., Spiazzi S., Girolami V. & Boudon-Padieu E., 2005. Acquisition efficiency of Flavescence dorée phytoplasma by *Scaphoideus titanus* Ball from infected tolerant or susceptible grapevine cultivars or experimental host plants. *Vitis* **44** (3), 143–146.
- Cavadini M., 2012. Importance, biologie et distribution d'un vecteur secondaire de la flavescence dorée. Thèse de bachelor Ecole d'ingénieurs Changins, 60 p.
- Filippin L., Jovic J., Cvrkovic T., Forte V., Clair D., Tosevski I., Boudon-Padieu E., Borgo M. & Angelini E., 2009. Molecular characteristics of phytoplasmas associated with Flavescence dorée in clematis and grapevine and preliminary results on the role of *Dictyophara europaea* as a vector. *Plant Pathology* **58** (5), 826–837.
- Filippin L., De Pra V., Zottini M., Borgo M. & Angelini E., 2011. Nucleotide sequencing of imp gene in phytoplasmas associated to flavescence dorée from *Ailanthus altissima*. *Bulletin of Insectology* **64**, 49–50.
- Galetto L., Marzachi C., Marques R., Graziano C. & Bosco D., 2011. Effects of temperature and CO₂ on phytoplasma multiplication pattern in vector and plant. *Bulletin of Insectology* **64**, 151–152.
- IRPCM, 2004. "Candidatus phytoplasma", a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insect. *Int. J. System. Evol. Microbiol.* **54**, 1243–1255.
- Jermini M., Rossi A. & Baillod M., 1992. Etude du piégeage de la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball à l'aide de pièges jaunes. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **24** (4), 235–239.
- Johnston H., Genini M., Bünter M. & Schaerer S., 2014. Phytoplasmoses en arboriculture fruitière: diagnostic par PCR en temps réel ou par PCR nichée? *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **46** (2), 235–239.
- Maixner M., Reinert W. & Darimont H., 2000. Transmission of grapevine yellows by *Oncopsis alni* (Schrank) (*Auchenorrhyncha: Macropsinae*). *Vitis* **39** (2), 83–84.
- Margaria P. & Palmano S., 2011. Response of the *Vitis vinifera* L. cv. 'Nebbiolo' proteome to Flavescence dorée phytoplasma infection. *Proteomics* **11** (2), 212–224.
- Margaria P., Abba S. & Palmano S., 2013. Novel aspects of grapevine response to phytoplasma infection investigated by a proteomic and phospho-proteomic approach with data integration into functional networks. *Bmc Genomics* **14**, doi:10.1186/1471-2164-14-38.
- Mehle N., Rupar M., Seljak G., Ravnkar M. & Dermastia M., 2011. Molecular diversity of flavescence dorée phytoplasma strains in Slovenia. *Bulletin of Insectology* **64**, 29–30.
- Music M., Skoric D., Haluska I., Krizanac I. & Plavec J., 2011. First Report of Flavescence dorée-Related Phytoplasma Affecting Grapevines in Croatia. *Plant Disease* **95** (3), 353.
- Rekab D., Pirajon G., Cettul E., De Salvador F.R. & Firrao G., 2010. On the apple proliferation symptom display and the canopy colonization pattern of "Candidatus Phytoplasma mali" in apple trees. *European Journal of Plant Pathology* **127**, 7–12.
- Reizenzein H. & Steffek R., 2011. First outbreaks of grapevine flavescence dorée in Austrian viticulture. *Bulletin of Insectology* **64**, 223–224.

Summary

Ten years of Flavescence dorée in Ticino

Flavescence dorée (FD), a quarantine phytoplasma disease, appeared in Switzerland in 2004 in Ticinese vineyards, where it remains confined. Its spread throughout the territory has been constant. Overall, 37.4 % of all samples received were tested FD-positive. All told, 188 plots belonging to 161 producers were infected for the past ten years. In 13 % of the plots, FD was consistently diagnosed during a time interval of between four and ten years, despite its mandatory control. Ten years with FD have highlighted the complexity of the system and the need for a better understanding of variety sensitivity to FD, the potential role of alternative vectors and host plants, the ecological relationships involved and how the environment influences the different components of the system. This ten years experience underlines that a long-term coexistence is to be managed with this disease.

Key words: *Scaphoideus titanus*, phytoplasma, grapevine, flavescence dorée, bois noir.

Zusammenfassung

Zehn Jahre mit der goldgelben Vergilbung der Rebe (Flavescence dorée) im Tessin

Die goldgelbe Vergilbung (FD) ist eine Quarantäne-Phytoplasma, die 2004 in der Schweiz im Tessin erstmals aufgetreten ist und sich auf die Tessiner Weinberge beschränkt. Ihre territoriale Ausbreitung war stetig. Im ganzen wurde bei 37,4 % der untersuchten Proben FD positiv diagnostiziert. Insgesamt wurden in den letzten zehn Jahren 188 Parzellen bei 161 Weinbauern infiziert. Bei 13 % dieser Parzellen wurde, trotz obligatorischer Bekämpfungsrichtlinien, während eines Zeitraumes zwischen vier und zehn Jahren, FD positiv diagnostiziert. Diese zehn Jahre mit der goldgelben Vergilbung (FD) zeigen die Komplexität des Systems auf. Somit ist es wichtig die Sortenanfälligkeit, die mögliche Rolle der alternativen Vektoren und Wirtspflanzen, die ökologischen Zusammenhänge, sowie den Einfluss des Umfeldes auf die Elemente des Systems zu verstehen. Unsere Erfahrungen zeigen auf, dass wir gezwungen sind mit dieser Krankheit zusammenzuleben.

Riassunto

Dieci anni di Flavescenza dorata della vite in Ticino

La flavescenza dorata (FD) è una fitoplasmosi di quarantena apparsa in Svizzera nel 2004 nei vigneti ticinesi dove resta ancora confinata. La sua progressione nel territorio è stata costante. Sul totale dei campioni analizzati, il 37,4 % è risultato FD-positivo. Durante questi dieci anni, 188 parcelle, appartenenti a 161 produttori, sono state infettate. Nel 13 % delle parcelle, la FD è stata diagnosticata costantemente durante un periodo da quattro a dieci anni malgrado le direttive di lotta obbligatoria. Questi dieci anni di flavescenza dorata evidenziano la complessità del sistema e la necessità di una migliore comprensione della sensibilità varietale, del possibile ruolo dei vettori alternativi e delle piante ospiti della FD alternative alla vite, delle relazioni ecologiche così come dell'influsso dell'ambiente sugli elementi del sistema. La nostra esperienza indica che bisognerà imparare a coesistere nel tempo con questa malattia.

- Roggia C., Caciagli P., Galetto L., Pacifico D., Veratti F., Bosco D. & Marzachi C., 2014. Flavescence dorée phytoplasma titre in field-infected Barbera and Nebbiolo grapevines. *Plant Pathology* **63**, 31–41.
- Salar P., Charenton C., Foissac X. & Malembic-Maher S., 2013. Multiplication kinetics of flavescence dorée phytoplasma in broad bean. Effect of phytoplasma strain and temperature. *European Journal of Plant Pathology* **135** (2), 371–381.
- Schaerer S., Johnston H., Gugerli P., Linder C., Schaub L. & Colombi L., 2007. Flavescence dorée in Switzerland: spread of the disease in canton of Ticino and of its insect vector, now also in cantons of Vaud and Geneva. *Bulletin of Insectology* **60** (2), 375–376.
- Schvester D., Carle P. & Moutous G., 1961. Sur la transmission de la flavescence dorée des vignes par une cicadelle. *C. R. Acad. Agric. Fr.* **47**, 1021–1024.
- Seemüller E. & Harries H., 2010. Plant Resistance. In: *Phytoplasmas: Genomes, Plant Hosts and Vectors*. P. G. Weintraub & P. Jones (Eds), CAB International, 147–169.
- Steiner H., 1962. Methoden zur Untersuchung der Populationsdynamik von Obstanlagen. *Entomophaga* **7**, 207–214.
- Trivellone V., Jermini M., Linder C., Cara C., Delabays N. & Baumgärtner J., 2013. Rôle de la flore du sol sur la distribution de *Scaphoideus titanus*. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **45** (4), 222–228.
- Weintraub P. & Beanland L., 2006. Insect vectors of phytoplasmas. *Annual Review of Entomology* **51**, 91–111.