

Les cicadelles vectrices connues et potentielles du phytoplasme du stolbur dans les vignobles suisses

TRIVELLONE Valeria^{1,2}, MITROVIĆ Milana³

¹Institut fédéral de recherches WSL, 8903 Birmensdorf/ZH, Suisse

²Agroscope, 6593 Cadenazzo, Suisse

³Institute for Plant Protection and Environment, Department of Plant Pests, 11000 Belgrade, Serbie

Renseignements: Valeria Trivellone, e-mail: valeria.trivellone@gmail.com, tél. +41 79 948 68 82



Hyalesthes obsoletus: à gauche, le vecteur connu du phytoplasme du stolbur (photo: Valeria Trivellone) et à droite les symptômes du bois noir sur la vigne (photo: Milana Mitrović).

Introduction

Les phytoplasmes du groupe du stolbur sont des bactéries pathogènes sans paroi, vivant dans le phloème et principalement véhiculés par les cicadelles (Auchenorrhyncha). Ils sont responsables de la transmission de plusieurs maladies dans les végétaux du monde entier. Ils ont un large éventail de plantes et d'insectes hôtes avec plusieurs cycles épidémiologiques indépendants,

et ce, dans différents agro-écosystèmes. Le phytoplasme du stolbur peut provoquer des épidémies dans le vignoble, dans diverses cultures annuelles (par exemple, pommes de terre, maïs, céleri et poivre) ainsi que dans les plantes ornementales. En Suisse, le rôle du vecteur *Hyalesthes obsoletus* et de ses plantes hôtes a été étudié (Kehrl *et al.* 2010; Kessler *et al.* 2010). Cependant, les autres vecteurs signalés dans différentes régions européennes (Aryan *et al.* 2014; Cvrković *et*

al. 2011) sont peu connus et les données sur l'épidémiologie de la maladie du stolbur dans d'autres milieux naturels, semi-naturels et cultures manquent.

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un projet international entre la Suisse et la Serbie et financé par le Fonds national suisse – FNS (SCOPES projet, <http://p3.snf.ch/project-152414>). Des échantillonnages ont été effectués pendant la période 2014-2016 afin de fournir des informations sur la faune des Auchenorrhyncha et identifier des vecteurs potentiels et connus vivant dans trois différents agro-écosystèmes (vignobles, pommes de terre et maïs) ainsi que dans leur proche environnement. Cet article publie les résultats des échantillonnages effectués dans les vignobles suisses.

Les principaux objectifs de l'étude sont la détermination de la composition de la communauté des cicadelles dans les vignobles suisses (analyse faunistique), puis l'identification des espèces de cicadelles potentiellement vectrices du phytoplasme du stolbur (caractérisations moléculaires des isolats des phytoplasmes détectés). Les résultats de cette étude permettront de définir le taux d'infection des échantillons de cicadelles et d'estimer le risque de propagation du phytoplasme du stolbur.

Matériels et méthodes

Echantillonnage

Les campagnes de prélèvements ont été réalisées de 2014 à 2016 dans 50 stations. Ces dernières sont représentatives des régions viticoles suisses et situées dans 10 des 26 cantons suisses: Genève (6), Grisons (3), Jura (1), Neuchâtel (2), Schaffhouse (4), Tessin (12), Thurgovie (5), Valais (10), Vaud (6) et Zurich (1). Les échantillonnages ont été effectués de mi-juin à la première semaine de juillet. Dans chaque station, les échantillons ont été prélevés à l'intérieur de la vigne (site Av sur la végétation de l'interligne et des talus) et, pour autant qu'elle soit présente, dans la végétation des bandes tampons qui entourent les vignobles (site vB). Deux sortes de bandes ont été identifiées: bandes enherbées (site vB1) et haies arboricoles ou arbustives (site vB2).

Les cicadelles ont été échantillonnées en utilisant un filet entomologique et un aspirateur à bouche. Pour chaque site et pour chaque prélèvement, un échantillon a été collecté sur un transect balayant trente fois la couche herbacée ou les haies arboricoles/arbustives. Tous les échantillons ont été identifiés, mis dans de l'éthanol 96 % et stockés au congélateur à -20 °C en vue des analyses moléculaires.

Résumé

La recherche a été réalisée dans le cadre du projet SNF-SCOPES pendant la période 2014-2016. Des échantillonnages ont été effectués dans le vignoble suisse pour connaître la faune des cicadelles et détecter parmi ces dernières les vectrices connues et potentielles du phytoplasme du stolbur. Les communautés de cicadelles détectées dans les vignobles ne sont que partiellement similaires à celles des alentours des vignes. Seules *Anaceratagallia ribauti* et *Psammotettix alienus*, positives au phytoplasme du stolbur, sont typiques de la couverture végétale du vignoble. Deux autres espèces non infectées, typiques des alentours des vignes, ont rarement été détectées dans le vignoble suisse: *Dicranotropis hamata* et *Orientalis ishidae*. Le vecteur connu *Hyalesthes obsoletus* et trois autres vecteurs potentiels (*Dictyophara europaea*, *Euscelis incisus* et *Reptalus cuspidatus*) sont moyennement abondants. *H. obsoletus* s'est révélé être positif au phytoplasme du stolbur dans quatre cantons (Genève, Neuchâtel, Tessin, Vaud), *E. incisus* à Neuchâtel, *D. europaea* et *R. cuspidatus* au Tessin. Ces résultats pourraient servir de base à d'autres analyses de risque de propagation de la maladie.

Traitement et évaluation statistique

La composition de la communauté des Auchenorrhyncha a été caractérisée selon le nombre d'espèces et d'individus et en fonction de la relation entre l'abondance moyenne de l'insecte et sa fréquence.

Des analyses multivariées ont été effectuées pour identifier les différences de composition des communautés de cicadelles entre les cantons et les sites d'étude (à l'intérieur des vignobles et dans les zones tampons environnantes). Les analyses ont été appliquées à la matrice «abondance des espèces», soumise à une transformation de Hellinger (Legendre et Gallagher 2001). Les méthodes d'analyse multivariée NMDS (Non Metric Multidimensional Scaling) ont été utilisées. Cette méthode d'ordination consiste à représenter dans un espace à deux dimensions la proximité entre les différents échantillons à partir d'une matrice de proximité (similarité ou dissimilarité) des échantillons. Pour donner une configuration optimale, la mé-

thode MDS minimise un critère appelé stress de Kruskal. Ce stress varie entre 0 et 1, la valeur nulle indiquant une représentation parfaite entre les échantillons. Une valeur inférieure à 0,2 traduit une représentation satisfaisante.

La dernière étape consiste à identifier des espèces indicatrices au sein des groupes des échantillons prélevés (à l'intérieur des vignobles et dans la zone tampon). Pour sélectionner les espèces indicatrices, nous avons utilisé la procédure IndVal. Cette méthode permet de calculer la valeur indicatrice (IV) des espèces par rapport à des groupes d'échantillons. L'indice IV combine pour chaque espèce i , une valeur d'abondance relative (A) et de fréquence relative (B) par rapport à chaque groupe des échantillons j : $IV = (A_{ij}/A_i) \times (B_{ij}/B_j) \times 100$. Ces deux valeurs représentant des informations indépendantes sont multipliées. A_{ij} mesure la spécificité de l'espèce pour un groupe, alors que B_{ij} mesure la fidélité de cette espèce à l'intérieur de ce groupe. La valeur indicatrice de l'espèce pour un niveau de classification des relevés en différents groupes est la plus large valeur d'IV observée pour un des groupes. La spécificité est maximale (100 %) quand l'espèce n'occupe qu'un groupe et la fidélité est maximale (100 %) lorsque l'espèce est présente dans toutes les stations d'un groupe. La valeur indicatrice de l'espèce est maximale (100 %) lorsque la spécificité et la fidélité sont maximales (Dufrene et Legendre 1997). La significativité des valeurs indicatrices est mesurée au moyen d'un test de permutation de Monte Carlo (source) réalisé par 9999 permutations aléatoires et correction de Holm pour des tests multiples (De Cáceres *et al.* 2010).

Toutes les espèces indicatrices significatives avec une valeur $B < 0,25$ ont été effacées afin d'éviter des espèces trop rares (soit dans moins de 25 % des sites), comme l'ont suggéré De Cáceres *et al.* (2012). Les analyses statistiques ont été réalisées en R 2.15.1 (R Development Core Team 2012) à l'aide des modules «labdsv» and «vegan».

Analyse moléculaire

Toutes les espèces vectrices connues et potentielles du phytoplasme du stolbur ont été soumises à des analyses moléculaires. Le nombre d'individus à analyser a été défini en fonction de l'abondance des populations observées dans chaque site et chaque échantillon. Les analyses ont été effectuées par pools de trois à cinq adultes ou individuellement, selon la taille du corps et du type de l'espèce.

L'extraction de l'ADN a été réalisée selon la méthode au CTAB (cetyl triméthylammonium bromide) avec le protocole de Gatineau *et al.* (2001). Pour l'iden-

tification du phytoplasme du stolbur trouvé dans l'insecte, l'ADN a été amplifié en utilisant les amorces spécifiques pour le phytoplasma du stolbur Stol11 avec un couple d'amorces F2/R1 pour la première amplification en chaîne par polymérase (PCR), et un couple d'amorces F3/R2 pour la deuxième PCR (protocole modifié de Clair *et al.* 2003). La réaction d'amplification a été réalisée dans un volume de 20 μ l, conformément aux conditions décrites par Radonjić *et al.* (2009). Un échantillon de vigne serbe infecté par le phytoplasme du stolbur a été utilisé comme contrôle positif. Les produits de la PCR indiquant l'infection par le phytoplasme ont été identifiés sur gels d'agarose à 1 % par électrophorèse en TBE buffer (Tris-Borate 90 mM, EDTA 1 mM), en présence de bromure d'éthidium (BET) et interprétés en lumière UV.

Résultats et discussion

Evaluation des vecteurs connus et potentiels du phytoplasme du stolbur

Au total, 1758 cicadelles ont été capturées à l'intérieur des vignobles et dans la végétation des bandes tampon qui les entourent. Elles appartiennent à 80 espèces englobées dans neuf familles: *Cicadellidae* (55), *Delphacidae* (10), *Aphrophoridae* (4), *Cixiidae* (4), *Issidae* (2), *Cercopidae* (1), *Membracidae* (2), *Flatidae* (1) et *Dictyopharidae* (1). Les résultats des analyses faunistiques (nombre d'espèces et individus collectés) sont résumés dans le tableau 1.

L'espèce la plus répandue et la plus abondante a été *Euscelis incisus* (occurrence = 31 et abondance moyenne = 10,74 individus); deux espèces (*Hyalesthes obsoletus* et *Anaceratagallia ribauti*) à faible densité de population (occurrence = 19 pour les deux espèces et abondance moyenne = 3,32 et respectivement 3,26) étaient très répandues dans les sites échantillonnés.

Deux espèces à forte densité de population étaient très rares à l'échelle nationale (*Psammotettix cephalotes* et *Reptalus cuspidatus*); 75 autres espèces ont été détectées avec relativement peu d'individus et dans moins de quinze sites (fig. 1).

Les résultats des analyses multivariées (NMDS, fondée sur l'indice de Bray-Curtis) réalisées sur la matrice d'abondance des espèces des Auchenorrhyncha permettent de distinguer les communautés en fonction des cantons et des sites d'étude (fig.2). La figure 2 indique que les communautés les plus similaires sont géographiquement très proches. De plus, chaque échantillon (caractère rouge) est caractérisé par les espèces (étiquettes gris claires). La figure 2 indique que les deux groupes d'échantillons (collectés à l'intérieur

Tableau 1 | Liste des espèces et nombre d'individus collectés au cours des trois années d'échantillonnage (2014-2016) dans les vignobles suisses. Av: échantillons de la végétation de l'interligne et des talus; vB: échantillons de la végétation des bandes tampons qui entourent les vignobles (si présentes).

		Genève		Grisons		Jura		Neuchâtel	Schaffhouse		Tessin		Thurgovie		Valais		Vaud		Zurich
		vB	Av	vB	Av	vB	Av	Av	vB	Av	vB	Av	vB	Av	vB	Av	vB	Av	Av
1	<i>Acantodelphax spinosa</i>																	x	
2	<i>Acericerus ribauti</i>	x																	
3	<i>Alebra neglecta</i>		x																
4	<i>Alebra sp.</i>								x										
5	<i>Allygidius abbreviatus</i> <i>Allygidius sp.</i>												x			x			
6	<i>Allygus maculatus</i>															x			
7	<i>Anaceratagallia consobrina</i>																	x	
8	<i>Anaceratagallia ribauti</i>		x					x		x		x		x	x	x		x	
9	<i>Aphrodes makarovi</i>	x		x				x			x		x		x		x	x	x
10	<i>Aphrophora alni</i>	x	x		x	x		x	x			x			x	x	x	x	
11	<i>Arocephalus longiceps</i>										x	x							
12	<i>Arthaldeus sp.</i>													x					
13	<i>Asiraca clavicornis</i>										x					x		x	
14	<i>Balclutha punctata</i>					x		x								x			
15	<i>Balclutha saltuella</i> <i>Balclutha sp.</i>					x										x		x	
26	<i>Cercopis vulnerata</i>										x							x	
17	<i>Cicadula persimilis</i> <i>Cixius sp.</i>							x					x						
18	<i>Cixius wagneri</i>																	x	
19	<i>Deltocephalus pulicaris</i>		x											x		x		x	
20	<i>Dicranotropis hamata</i>									x	x				x	x		x	
21	<i>Dictyophara europaea</i>											x			x	x			
22	<i>Dryodurgades dlabolai</i>															x			
23	<i>Emelyanoviana mollicula</i>		x					x				x				x		x	
24	<i>Empoasca decipiens</i>															x			
25	<i>Empoasca pteridis</i> <i>Empoasca sp.</i>	x															x		x
26	<i>Errastanus ocellaris</i>		x		x		x			x				x		x		x	
27	<i>Eupteryx aurata group</i>		x					x											
28	<i>Eupteryx stachydearum group</i>							x								x		x	
29	<i>Eupteryx urticae</i>		x					x						x					
30	<i>Euscelidius variegatus</i>		x					x								x		x	
31	<i>Euscelis incisus</i>		x	x	x		x	x		x	x	x		x	x	x		x	x
32	<i>Evacanthus acuminatus</i>							x											
33	<i>Fieberiella florii</i>	x														x	x		
34	<i>Gargara genistae</i>															x	x		
35	<i>Goniagnathus brevis</i>											x				x			
36	<i>Graphocephala fennahi</i>										x								
37	<i>Graphocraerus ventralis</i>															x			
38	<i>Hardya tenuis</i>					x	x									x			
39	<i>Hyalesthes obsoletus</i>	x	x					x			x	x		x	x	x		x	
40	<i>Hyledelphax elegantula</i>					x													



	Genève		Grisons		Jura		Neuchâtel	Schaffhouse		Tessin		Thurgovie		Valais		Vaud		Zurich
	vB	Av	vB	Av	vB	Av	Av	vB	Av	vB	Av	vB	Av	vB	Av	vB	Av	Av
41											x							
43	x	x					x								x		x	
44											x							
45							x											
46						x	x											
47													x					
48				x														
49							x					x	x				x	
50							x										x	
51		x					x								x		x	
52						x			x									x
53										x					x		x	
54															x			
55																		x
		x		x			x		x	x		x			x		x	
56															x			
57											x							
58																x		
59																x		
60							x								x	x		x
61		x					x		x	x						x		
																		x
62		x																
															x			
63				x											x		x	
64	x											x					x	
65												x						
66																		x
67																x		
68	x	x			x	x	x		x	x					x	x	x	x
69	x																	
70		x					x			x					x		x	
71		x								x								x
72		x					x											
													x	x		x		x
73											x	x						
74	x																	
75							x								x		x	
																x		
76	x	x																x
77												x	x		x	x		
78												x						
														x				
79							x											
80		x					x		x						x	x		x
Total	40	145	4	58	14	51	163	15	49	44	259	13	68	24	326	13	451	21

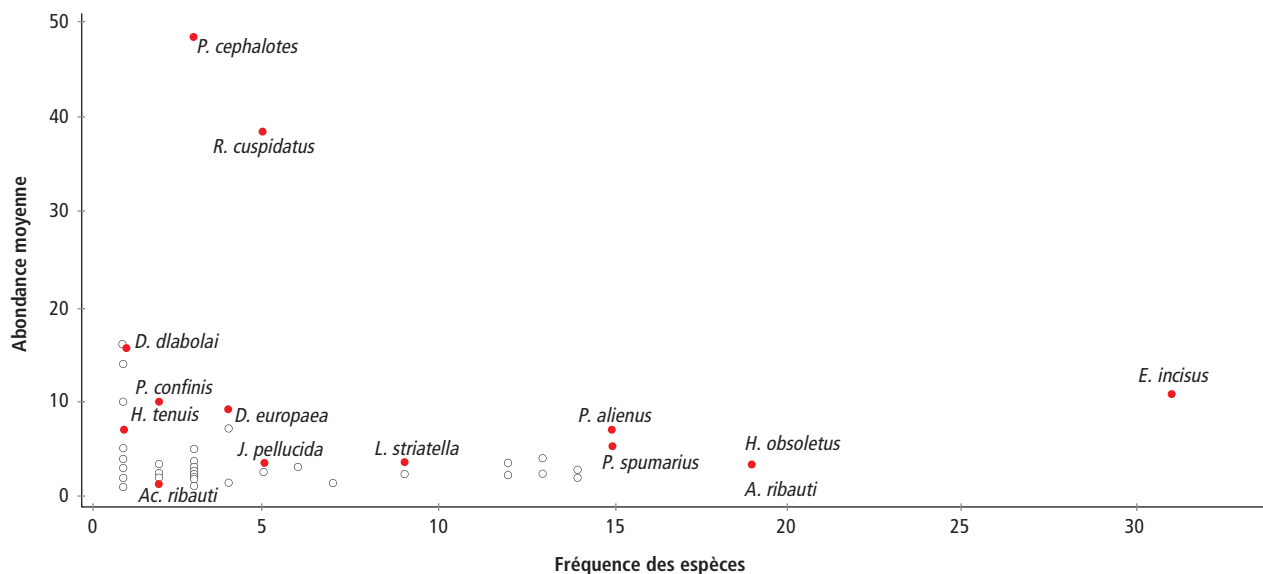


Figure 1 | Relation entre l'abondance moyenne et la fréquence d'espèces de Auchenorrhyncha collectées dans 50 vignobles en Suisse pendant la période 2014-2016. Le graphique indique uniquement le nom de 13 des 46 espèces (points rouges). L'abondance moyenne de chaque espèce et la présence des espèces a été calculée sur les 50 sites échantillonnés.

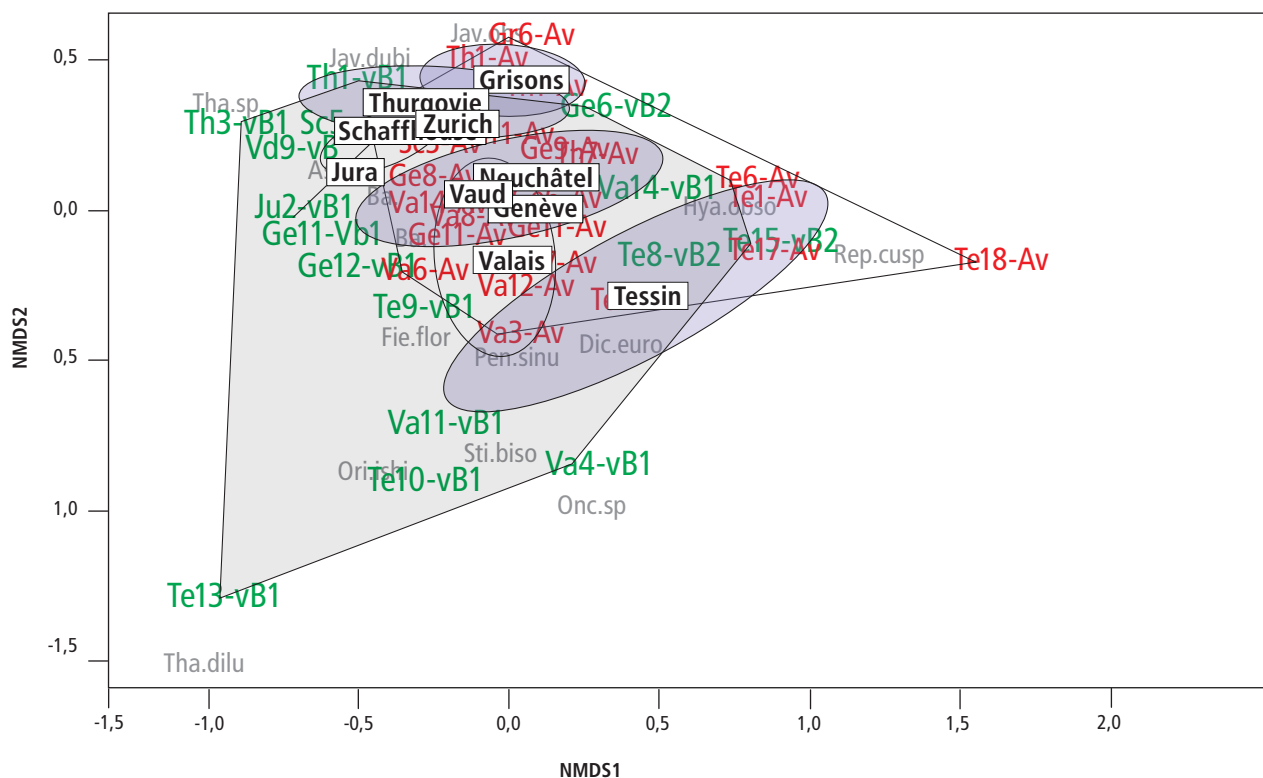


Figure 2 | Non Metric Multidimensional scaling (NMDS) de la communauté des Auchenorrhyncha collectées en Suisse pendant les échantillonnages des vignobles de 2014 à 2016. En gris clair les codes du nom de l'espèce. Le code pour l'échantillon est composé par «une abréviation du nom du canton et le nombre d'échantillons – de type de site». En rouge, les codes des échantillons récoltés dans le vignoble (site «-Av»); en vert les codes pour les échantillons récoltés dans la végétation des bandes tampons (site «-vB1» = des bandes enherbées, et site «-vB2» = arbres ou arbustes).



du vignoble – étiquette rouge – et collectés dans les bandes tampons – étiquette verte) se superposent. Ceci suggère que ces deux groupes ont une similarité partielle dans la composition de la communauté des Auchenorrhyncha. En prenant en compte la localisation géographique, les communautés des Auchenorrhyncha peuvent être divisées en trois grands groupes: le premier comprend des échantillons du nord-ouest de la Suisse, le deuxième de l’est et le dernier du sud (Tessin).

La procédure IndVal a permis de sélectionner six espèces indicatrices (représentant 13 % des espèces identifiées), significativement associées aux vignobles (Av), aux bordures tampons (vB1 et vB2) ou aux deux (tabl. 2). Deux espèces indicatrices sont inféodées à la végétation de l’interligne et des talus du vignoble (groupe 1): *A. ribauti* et *Psammotettix alienus*. Deux autres espèces sont associées à un seul type de bordure tampon: à savoir la bande enherbée (groupe 2) avec *Dicranotropis hamata* ou les haies arboricoles ou arbustives (groupe 3) avec *Orientus ishidae*. Les deux autres espèces indicatrices sont associées à une combinaison de groupes de sites: *E. incisus* (groupes 1 + 3) et *Aphrophora alni* (groupes 2 + 3); il s’agit d’espèces généralistes, très fréquentes et abondantes dans tous les sites échantillonnés.

Les résultats de l’analyse moléculaire sont présentés dans le tableau 3. Huit espèces parmi les 80 collectées dans les vignobles suisses ont été prises en compte pour l’analyse moléculaire. Six d’entre elles se sont avérées positives vis-à-vis du phytoplasme du stolbur: *H. obsoletus*, *R. cuspidatus*, *E. incisus*, *A. ribauti*, *P. alienus* and *Dictyophara europaea*. Les individus positifs ont été collectés dans 13 des 50 stations échantillonnées (six dans le canton du Tessin, trois dans le canton de Vaud, deux à Neuchâtel, un en Valais, et un à Genève), et ce, uniquement dans les couvertures végétales des vignobles. Le vecteur connu *H. obsoletus* a été collecté sur *Urtica dioica* au Tessin, à Genève et à

Neuchâtel, et sur *Convolvulus arvensis* dans le canton de Vaud. Des individus de *H. obsoletus* ont également été recueillis dans le canton de Thurgovie, mais les analyses n’ont pas encore été effectuées. Au total, seize individus se sont révélés être positifs dans les cantons du Tessin (sept individus sur les 27 examinés), de Vaud (sept individus sur onze), de Genève (un individu sur quatre) et de Neuchâtel (un individu sur un).

Tableau 3 | Résultats de l’analyse moléculaire sur un sous-échantillon des échantillons collectés en 2014-2016. TI: Tessin; GE: Genève; NE: Neuchâtel; VD: Vaud; VS: Valais.

Espèces	Canton	Taux moyen de contamination positif/ contrôlé (%)	Site	Plantes hôtes
<i>Hyalesthes obsoletus</i>	TI	1/4 (25)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	TI	3/15 (20)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	TI	3/8 (37)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	TI	1/1 (100)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	GE	1/4 (25)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	NE	1/1(100)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	NE	1/2 (50)	Av	<i>Urtica dioica</i>
	VD	7/10 (70)	Av	<i>Convolvulus arvensis</i>
<i>Reptalus cuspidatus</i>	TI	1/38 (3)	Av	<i>dicotylédones</i>
	TI	16/446 (4)*	Av	<i>dicotylédones</i>
	TI	3/63 (5)	Av	<i>dicotylédones</i>
<i>Anaceratagallia ribauti</i>	VS	1/1 (100)	Av	<i>dicotylédones</i>
	VD	1/11 (9)	Av	<i>dicotylédones</i>
<i>Dictyophara europaea</i>	TI	1/9 (11)	Av	<i>dicotylédones</i>
<i>Euscelis incisus</i>	NE	1/23 (4)	Av	<i>dicotylédones</i>

*Les individus ont été collectés lors de quatre prélèvements en 2016 sur un seul site (Rovio).

Tableau 2 | Liste des espèces significativement indicatrices associées aux vignobles, aux bordures tampons (enherbées ou haies arboricoles/arbustives) dans les alentours, ou aux deux. Groupe 1: végétation de l’interligne et des talus du vignoble (Av); groupe 2: haies arboricoles ou arbustives (site vB2); groupe 3: bandes enherbées (site vB1).

Espèces indicatrices	IV indice	P-value	Spécificité (A)	Fidélité (B)	Groupe 1 Av	Groupe 2 vB1	Groupe 3 vB2
<i>Anaceratagallia ribauti</i>	0,726	0,015	0,53	1			
<i>Psammotettix alienus</i>	0,645	0,035	0,42	1			
<i>Orientus ishidae</i>	0,577	0,015	0,33	1			
<i>Dicranotropis hamata</i>	0,566	0,025	0,4	0,8			
<i>Aphrophora alni</i>	0,664	0,04	0,47	0,94			
<i>Euscelis incisus</i>	0,824	0,02	0,76	0,9			

IV indice: valeur indicatrice; P-value < 0,005 après 9999 permutations.

Reptalus cuspidatus a été collecté uniquement au Tessin, où il est l'un des Cixiidae le plus abondant et répandu dans la végétation du vignoble. Au total, 20 individus (sur les 547 examinés) se sont révélés positifs au phytoplasme du stolbur sur trois différentes sites. Quatre autres vecteurs potentiels sont positifs au phytoplasme du stolbur: *E. incisus*, un individu à Neuchâtel (sur les 162 examinés); *A. ribauti*, un individu en Valais (sur un) et un individu dans le canton de Vaud (sur onze); *D. europaea*, un individu au Tessin (sur 29); *P. alienus* trois ou quatre individus dans le canton de Vaud (sur 23). Deux espèces se sont avérées négatives: *N. fenestatus* (21 individus) et *Hardya tenuis* (13).

Enfin, une nouvelle espèce est signalée pour la première fois en Suisse dans cette étude: *Phlogotettix cyclops* (voir tableau 1).

Conclusions

Les résultats de cette étude peuvent être résumés en cinq points:

- Deux espèces de cicadelles, infectées par le phytoplasme du stolbur, sont typiques des couvertures végétales dans les vignobles: *Anaceratagallia ribauti* et *Psammotettix alienus*. Selon leur efficacité de transmission, non connue à ce jour, elles peuvent représenter un risque pour la propagation du phytoplasme du stolbur.

Deux espèces sont caractéristiques des bordures à proximité du vignoble: *Dicranotropis hamata* et *Orientus ishidae*. Ces espèces ne se sont pas avérées être infectées et ne sont que rarement récoltées dans le vignoble.

- Le vecteur connu *Hyaalsthes obsoletus* et trois autres vecteurs potentiels (*Dictyophara europaea*, *Euscelis incisus* et *Reptalus cuspidatus*) ne caractérisent aucun site d'échantillonnage en raison de leur faible abondance moyenne. *H. obsoletus* s'est révélé être positif au phytoplasme du stolbur dans quatre cantons (Genève, Neuchâtel, Tessin, Vaud), *E. incisus* à Neuchâtel et *D. europaea* et *R. cuspidatus* au Tessin.
- Ces résultats pourraient constituer une base pour d'autres analyses de risque de propagation de la maladie.
- L'approche et les méthodes définies dans notre étude devraient être répétées pour investiguer la propagation d'autres phytoplasmes (par exemple ceux qui causent la flavescence dorée). ■

Remerciements

Nous remercions le Fonds national suisse pour le soutien financier accordé au projet SCOPES IZ73ZO_152414 (<http://p3.snf.ch/project-152414>). Nous remercions aussi Corrado Cara pour la traduction du texte de l'anglais au français et Michela Meier pour la lecture finale du texte.

Bibliographie

- Aryan A., Brader G., Mörtel J., Pastar M. & Riedle-Bauer M., 2014. An abundant 'Candidatus Phytoplasma solani' tuf b strain is associated with grapevine, stinging nettle and *Hyaalsthes obsoletus*. *European Journal of Plant Pathology*, **140** (2): 213–227.
- Clair D., Larrue J., Aubert G., Gillet J., Cloquemin G. & Boudon-Padieu E., 2003. A multiplex nested-PCR assay for sensitive and simultaneous detection and direct identification of phytoplasma in the Elm yellows group and Stolbur group and its use in survey of grapevine yellows in France. *Vitis* **42**, 151–157.
- Cvrković T., Jović J., Mitrović M., Krstić O., Krnjajić S. & Toševski I., 2011. Potential new hemipteran vectors of stolbur phytoplasma in Serbian vineyards. *Bulletin of Insectology* **64**, S129–S130.
- De Cáceres M., Legendre P. & Moretti M., 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* **119**, 1674–1684.
- De Cáceres M., Legendre P., Wiser S.K. & Brotons L., 2012. Using species combinations in indicator value analyses. *Methods in Ecology and Evolution* **3**, 973–982.
- Dufrière M. & Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* **67**, 345–366.
- Gatineau F., Larrue J., Clair D., Lorton F., Richard-Molard M. & Boudon-Padieu E., 2001. A new natural planthopper vector of stolbur phytoplasma in the genus *Pentastiridius* (Hemiptera: Cixiidae). *European Journal of Plant Pathology* **107**, 263–271.
- Kehrli P., Schaerer S., Delabays N. & Kessler S., 2010. *Hyaalsthes obsoletus*, vecteur du bois noir: répartition et biologie. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **42** (3), 190–196.
- Kessler S., Kehrli P., Schaerer S., Delabays N., Pasquier D., Trivellone V. & Emery S., 2010. *Hyaalsthes obsoletus*, vecteur du bois noir de la vigne: ses plantes hôtes en Suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **42** (5), 306–312.
- Legendre P. & Gallagher E.D., 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Ecologia* **129**, 271–280.
- R Development Core Team, 2010. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Radonjić S., Hrnčić S., Jović J., Cvrković T., Krstić O., Krnjajić S. & Toševski I., 2009. Occurrence and distribution of grapevine yellows caused by stolbur phytoplasma in Montenegro. *Journal of Phytopathology* **157**, 682–685.

Summary**Auchenorrhyncha known and potential vectors of stolbur phytoplasma in the Swiss vineyard**

This survey was conducted in the frame of the SNF-SCOPEs project during the period 2014–2016. Sampling fields were carried out with the aim to know the Auchenorrhyncha fauna, and to define the species known and potential vector of stolbur phytoplasma in vineyards in Switzerland. Auchenorrhyncha communities recorded in the vineyards are only partially similar to those observed in the environments in their surroundings. Only two species characterized the vineyard floor vegetation: *Anaceratagallia ribauti* and *Psammotettix alienus*, and both of them have been found positive to stolbur phytoplasma. Two other species characterized the environments surrounding the vineyards: *Dicranotropis hamata* and *Orientalis ishidae*; and at national level, they are rarely collected in vineyards. These species have not been found infected. The known vector *Hyalosthes obsoletus* and three other potential vectors (*Dictyophara europaea*, *Euscelis incisus* and *Reptalus cuspidatus*) were detected with low average abundances. *H. obsoletus* was positive for stolbur phytoplasma in four cantons (Geneva, Neuchâtel, Ticino, Vaud). *E. incisus* in Neuchâtel, *D. europaea* and *R. cuspidatus* in Ticino. These results could be useful for risk analysis of spreading of the disease.

Key words: agroecosystem, *Hyalosthes obsoletus*, potential vectors, risk analysis, stolbur phytoplasma.

Zusammenfassung**Bekannte und potentielle Zikadenvektoren des Stolbur Phytoplasma in den Schweizer Weinbergen**

Diese Studie wurde im Rahmen des Projektes SNF-SCOPEs im Zeitraum 2014–2016 durchgeführt. Die Probenahme wurde durchgeführt, um die Auchenorrhynchofauna kennenzulernen und die bekannten Arten, sowie potentielle Vektoren des Phytoplasma des Stolbur in den schweizer Weinbergen zu definieren. Die Gemeinschaft der Zikaden, die in den Weinbergen anzutreffen ist, ist den Gemeinschaften in ihrer Umgebung nur teilweise ähnlich. Nur zwei Arten sind für die Vegetationsdeckung der Weinberge charakteristisch: *Anaceratagallia ribauti* und *Psammotettix alienus*, und beide wurden positiv auf Stolbur Phytoplasmen getestet. Zwei weitere Arten charakterisieren die Umgebung um die Weinberge: *Dicranotropis hamata* und *Orientalis ishidae*, welche auf nationaler Ebene nur selten in den Weinbergen zu finden sind. Diese Arten waren nicht infiziert. Der bekannte Träger *Hyalosthes obsoletus* sowie weitere drei möglichen Vektoren (*Dictyophara europaea*, *Euscelis incisus* und *Reptalus cuspidatus*) wurden mit durchschnittlich niedriger Häufigkeit festgestellt. *H. obsoletus* wurde in vier Kantonen (Genf, Neuenburg, Tessin, Waadt) positiv auf den Phytoplasma des Stolbur getestet. *E. incisus* in Neuenburg, *D. europaea* und *R. cuspidatus* im Tessin. Diese Ergebnisse könnten die Grundlage für weitere Risikoanalysen über die Ausbreitung der Krankheit sein.

Riassunto**Auchenorrhinchi conosciuti e potenziali vettori del fitoplasma dello stolbur nei vigneti in Svizzera**

Questa indagine è stata condotta nell'ambito di un progetto SNF-SCOPEs durante il periodo 2014–2016. Il campionamento è stato effettuato allo scopo di conoscere la Auchenorrhynchofauna e definire le specie conosciute e potenziali vettrici del fitoplasma dello stolbur nei vigneti in Svizzera. Le comunità di cicadine rilevate nei vigneti sono solo in parte simili a quelle osservate negli ambienti nei loro dintorni. Solo due specie sono tipiche delle coperture vegetali dei vigneti: *Anaceratagallia ribauti* e *Psammotettix alienus*, ed entrambe sono state trovate positive al fitoplasma dello stolbur. Altre due specie sono tipiche degli ambienti di bordo: *Dicranotropis hamata* e *Orientalis ishidae* e, a livello nazionale, sono raramente rilevate all'interno dei vigneti. Queste specie non sono state trovate infette. Il vettore conosciuto *Hyalosthes obsoletus* e altri tre vettori potenziali (*Dictyophara europaea*, *Euscelis incisus* e *Reptalus cuspidatus*) sono stati rilevati con abbondanze medio basse. *H. obsoletus* è risultato positivo al fitoplasma dello stolbur in quattro cantoni (Ginevra, Neuchâtel, Ticino, Vaud). *E. incisus* a Neuchâtel, *D. europaea* e *R. cuspidatus* in Ticino. Questi risultati potrebbero essere la base per ulteriori analisi del rischio di diffusione della malattia.