

Facteurs influençant la présence de *Scaphoideus titanus*, vecteur de la flavescence dorée, dans le vignoble genevois

Stefano BILOTTA^{1,2}, François LEFORT¹, Sophie ROCHEFORT¹, Pascale DENEULIN³, Valeria TRIVELLONE⁴, Patrik KEHRLI²

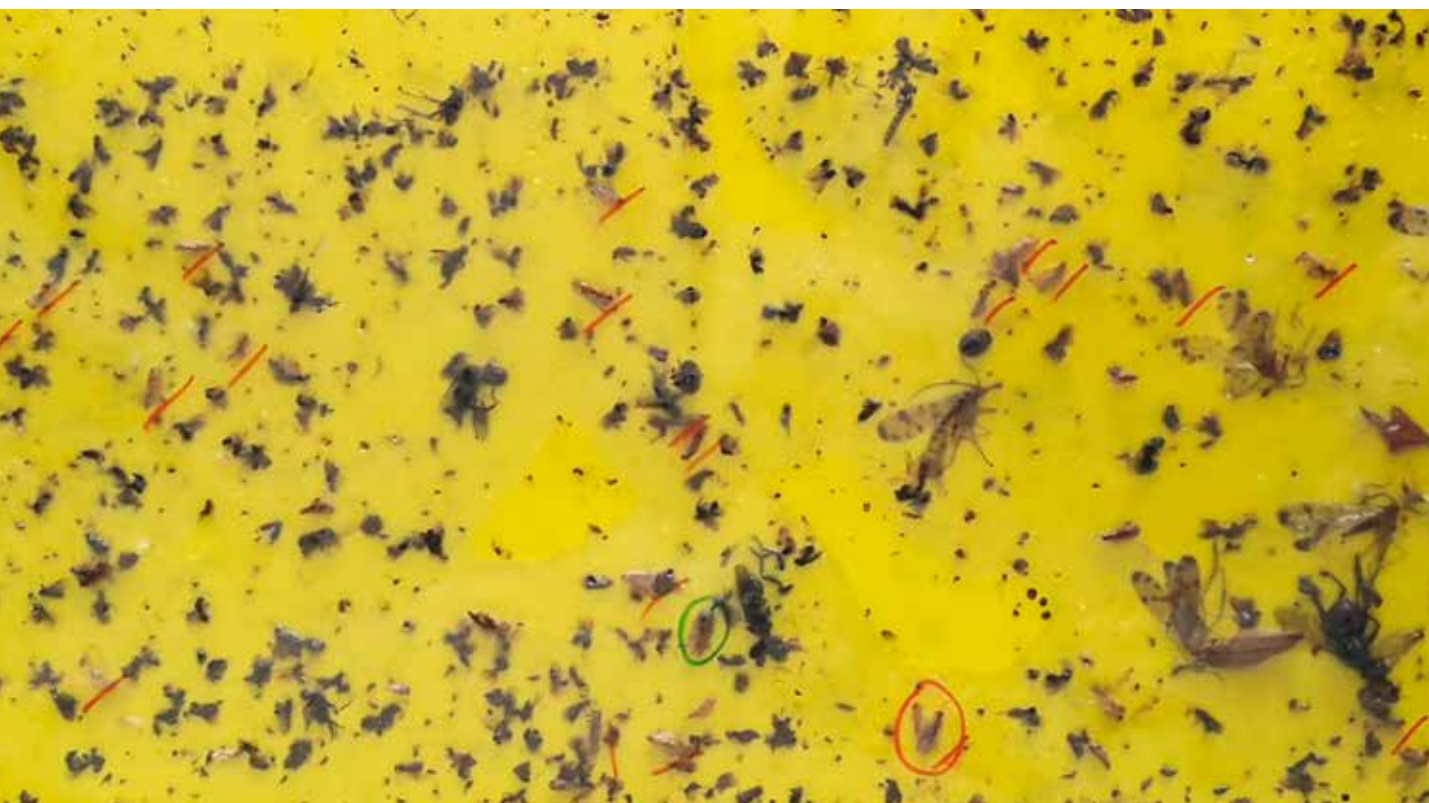
¹ Institut Terre Nature Environnement (inTNE), HEPIA, HES-SO/Genève, 1254 Jussy, Suisse;

² Agroscope, 1260 Nyon, Suisse;

³ Changins, 1260 Nyon, Suisse;

⁴ University of Illinois, Champaign USA

Renseignements : Patrik Kehrli, tél. +41 58 460 43 16, e-mail : patrik.kehrli@agroscope.admin.ch



Captures de *S. titanus* à l'aide de plaques jaunes engluées.

Introduction

La cicadelle vectrice de la flavescence dorée, *Scaphoideus titanus* Ball, est un hémiptère de la famille des Cicadellidae. Elle est originaire d'Amérique du Nord et a probablement été introduite en Europe au début du XX^e siècle. Aujourd'hui, sa présence sur le continent européen est signalée dans plus de treize pays (Chuche et Thiéry 2014). En Suisse, elle a été repérée pour la

première fois en 1967 dans le canton du Tessin puis en 1996 sur la rive gauche du canton de Genève. En Europe, *S. titanus* est inféodée à *Vitis vinifera* alors que dans le Nord-Est américain on la retrouve principalement sur *V. aestivalis*, *V. labrusca*, *V. riparia* et *V. vinifera*. Cet insecte, de par son mode de vie, ne cause aucun dégât important sur la vigne en Europe. Par contre, il est le principal vecteur connu de la transmission épidémique de la flavescence dorée (FD), maladie

de quarantaine selon l'Ordonnance sur la protection des végétaux (RS 916.20). Cette maladie à phytoplasme est due à '*Candidatus Phytoplasma vitis*' une bactérie sans paroi cellulaire du groupe ribosomal 16Sr-V (Elm yellows) (Lee *et al.* 2004). La première observation de la FD en Suisse remonte à 2004 au Tessin, et depuis la maladie s'est étendue sur la quasi-totalité du vignoble tessinois (Jermini *et al.* 2014). A la fin de l'année 2015, des foyers de FD sont observés dans deux communes vaudoises. Par la suite, la maladie se propage et est également identifiée dans une parcelle en Valais et dans la vallée du Misox dans le canton des Grisons (com. pers. Santiago Schaerer).

Afin de mieux comprendre l'épidémiologie de la FD, il est primordial de comprendre les facteurs influençant l'occurrence et l'abondance de son principal vecteur. Dans le passé, l'orientation des parcelles (Linder et Jermini 2007) et le cépage (Posenato *et al.* 2001) ont été identifiés comme des facteurs influençant l'abondance de *S. titanus* dans les vignobles. Il en va de même pour la flore occupant l'interligne, qui peut servir de nourriture alternative pour le vecteur (Chuche et Thiéry 2014). Ainsi, Trivellone *et al.* (2013) ont démontré que les nymphes de *S. titanus* se nourrissent et se développent également sur la renoncule rampante (*Ranunculus repens*) et le trèfle blanc (*Trifolium repens*).

Cette étude avait pour but d'étudier la répartition de *S. titanus* au sein du vignoble genevois et de vérifier l'importance des facteurs mentionnés ainsi que d'en identifier d'autres pouvant influencer la présence de l'insecte dans le vignoble. Pour ce faire, diverses données collectées sur le terrain ont été analysées à l'aide de deux différentes méthodes statistiques complémentaires, notamment des analyses univariées et bayésiennes.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

Cette étude a été menée dans deux régions viticoles du canton de Genève, sur la rive droite du Rhône (communes de Satigny, Dardagny et Russin) et sur la rive gauche du lac Léman (communes d'Anières, Corsier, Collonge-Bellerive, Choulex, Meinier, Gy, Jussy et Presinge).

Méthode de capture de *S. titanus*

Afin de capturer des individus de *S. titanus*, 154 plaques chromatiques engluées jaunes (Aeraxon™, 10 x 26 cm) ont été installées dans les vignes; 110 sur la rive droite et 44 sur la rive gauche. Les pièges ont été posés à la

Résumé La cicadelle *Scaphoideus titanus* est actuellement le principal vecteur connu de la transmission épidémique de la flavescence dorée. Cette étude a été réalisée durant l'été 2017 dans le but d'identifier les facteurs biotiques et abiotiques influençant la présence de cette cicadelle dans le vignoble du canton de Genève. Nos captures montrent que *S. titanus* est présente dans toutes les parcelles échantillonnées et confirment sa distribution sur la quasi-totalité du vignoble genevois. L'abondance de *S. titanus* diffère selon l'orientation des lignes et diminue avec la pente de la parcelle. Nos données indiquent également que la densité de *S. titanus* est plus élevée lorsque la surface viticole est importante dans les environs. Dans le cadre de prospections de *S. titanus* en Suisse, cette étude recommande donc d'échantillonner des parcelles bien ensoleillées au milieu de grands vignobles à faible pente.

verticale juste en-dessus des grappes et au centre des parcelles choisies. Le piégeage s'est déroulé du 27 juillet au 3 septembre 2017. Le dénombrement de *S. titanus* sur les pièges s'est fait par la suite au laboratoire.

Facteurs étudiés

Durant cette étude, 20 facteurs ont été mesurés et comparés aux quantités de *S. titanus* capturés sur les pièges. Ils sont classés en quatre groupes: les facteurs topographiques, culturels, écologiques et environnementaux (tabl. 1 et 2). Pour les facteurs environnementaux, la proportion des surfaces de vignes, vergers, cours d'eau ainsi que surfaces forestières et agricoles, a été calculée pour des rayons de 50m autour de chaque piège par le logiciel ArcMAP. Les facteurs écologiques ont été déterminés par quatre relevés botaniques de 1m² dans toutes les parcelles étudiées durant le mois d'août. Dans ce relevé, les densités de la renoncule rampante (*Ranunculus repens*), du trèfle blanc (*Trifolium repens*) et du pissenlit (*Taraxacum officinale*) ont été estimées selon l'échelle de Londo (Londo 1976).

Analyses statistiques

Dans un premier temps, chaque facteur a été comparé à l'abondance de *S. titanus* via une corrélation linéaire de Pearson dans le cas où il s'agissait d'une variable

Tableau 1 | Résultats de l'ANOVA à un facteur sur les facteurs nominaux par rapport à l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble genevois. Détails sur les facteurs, les degrés de liberté DDL (facteur/résiduelle), les valeurs de F et de P.

Facteurs	DDL	F	P-valeur
Topographiques Exposition des lignes (NE, E, SE, S, SO, O et NO)	6/146	2,38	0,03
Cultureaux Cépages (Aligoté, Chardonnay, Chasselas, Gamaret, Gamay, Merlot, Pinot gris, Pinot noir, Riesling-Sylvaner et autres)	9/144	0,87	0,56
Type de conduite (Guyot-basse, Guyot-mi-haute et autres)	2/151	3,00	0,06
Confusion sexuelle (oui/non)	1/152	0,09	0,76
Ecologiques Plantes dominantes (géraniums, graminées, liserons, plantains, renouées et potentilles)	5/132	0,70	0,62

Tableau 2 | Résultats des corrélations de Pearson entre les variables continues et l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble genevois. Détails sur les différentes variables, des moyennes avec leurs extrêmes (N = 154), de la corrélation et de la P-valeur (P-valeur ajustée selon la procédure de Bonferroni).

Variables	Moyenne (min - max)	Coefficient de corrélation	P-valeur ajustée selon Bonferroni
Topographiques Pente moyenne (%)	9,6 (0,1 - 50)	-0,25	0,02
Radiation solaire en été (W/m ²)	516283 (410710 - 529144)	0,12	1
Exposition à la bise (Hillshade)	64,8 (0 - 251)	0,04	1
Cultureaux Age des ceps (années)	24,6 (5 - 54)	-0,03	1
Densité de la plantation des ceps (ceps/ha)	7931 (2778 - 14286)	0,19	0,25
Ecologiques Enherbement (%)	36,0 (0 - 83,3)	-0,15	1
Hauteur de l'enherbement (cm)	10,4 (0 - 28)	0,19	0,29
<i>Ranunculus repens</i> (%)	1,4 (0 - 22)	-0,08	1
<i>Trifolium repens</i> (%)	10,4 (0 - 53)	-0,07	1
<i>Taraxacum officinale</i> (%)	7,3 (0 - 65)	0,07	1
Environnementales Vignes à 50 m (%)	90,08 (47 - 100)	0,08	1
Vergers à 50 m (%)	0,14 (0 - 22)	0,06	1
Surfaces forestières à 50 m (%)	0,86 (0 - 32)	-0,09	1
Cours d'eau à 50 m (%)	0,02 (0 - 1)	-0,02	1
Surfaces agricoles à 50 m (%)	2,57 (0 - 52)	-0,09	1

continue et avec une ANOVA à 1 facteur s'il s'agissait d'un facteur nominal. Par la suite, une analyse bayésienne a été réalisée en utilisant le package BayesFactor implémenté sur le logiciel statistique R (Morey et Rouder 2015) afin de calculer les valeurs BF_{10} (la probabilité que les facteurs écologiques, topographiques et environnementaux affectent l'abondance de *S. titanus* par rapport à l'hypothèse nulle statuant que lesdits facteurs n'influencent pas l'abondance du vecteur).

Résultats

Relevés de *S. titanus* sur les pièges

Sur les 154 pièges de l'étude, un total de 14004 cicadelles de *S. titanus* a été dénombré. Tous les pièges ont capturé des individus de *S. titanus* avec un minimum de 4 et un maximum de 305 individus par piège (fig. 1). En moyenne, 90 adultes de *S. titanus* ont été capturés par plaque jaune avec une présence légèrement supérieure sur la rive droite que sur la rive gauche (95 vs 80 individus/piège).

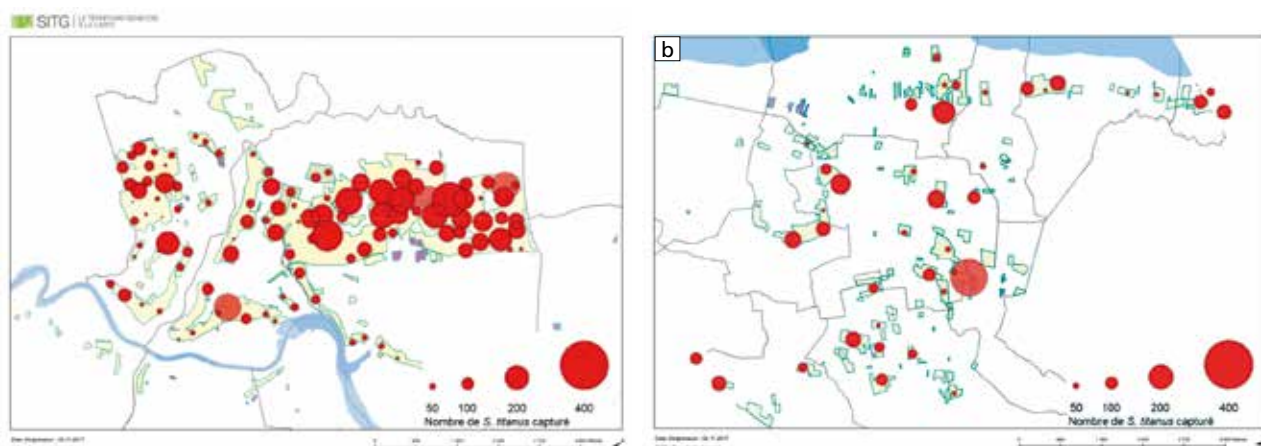


Figure 1 | Carte des sites de l'étude illustrant l'abondance de *S. titanus* selon les pièges a) pour la rive droite du Rhône et b) pour la rive gauche du lac Léman.

Facteurs influençant *S. titanus*

Pour les **facteurs topographiques**, seules l'exposition des parcelles et la pente moyenne ont significativement influencé la densité de *S. titanus* dans le vignoble (tabl. 1 et 2). On observe que plus le vignoble est en pente, moins il y a d'individus de *S. titanus*. Dans les parcelles exposées à l'est, nous avons capturé significativement moins de *S. titanus* que dans les parcelles exposées au sud-est (49 vs 106 individus/piège) et les cinq autres orientations se situent entre ces deux valeurs (fig. 2). Les **facteurs cultureux** étudiés, cépage inclus, n'ont significativement pas influencé l'abondance de *S. titanus* dans les parcelles (tabl. 1 et 2). Toutefois, la conduite Guyot-basse a présenté une tendance favorisant l'abondance de la cicadelle comparée à la conduite Guyot-mi-haute (102 vs 77 individus/piège). Aucun **facteur écologique** ne s'est révélé être significa-

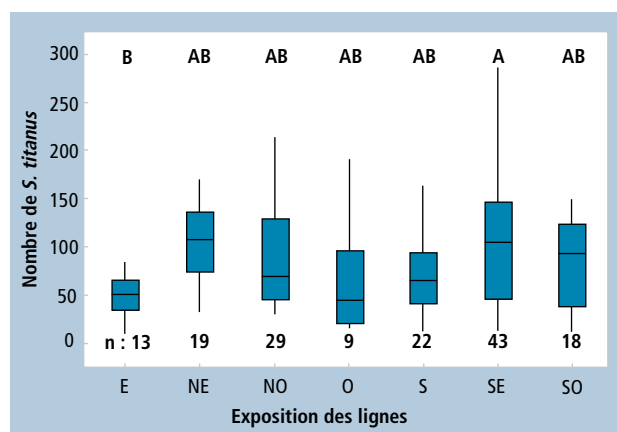


Figure 2 | Quantité de *S. titanus* capturés selon l'exposition des lignes. Les lettres différentes indiquent des orientations significativement différentes ($P \leq 0,05$) et le chiffre n précise le nombre de pièges par orientation.

tif (tabl. 1 et 2). Ni le pourcentage d'enherbement de l'interligne, ni sa hauteur, ni sa composition botanique ne semble influencer la présence de *S. titanus* dans le vignoble. A une distance de 50 m du piège, aucun **facteur environnemental** n'influence l'occurrence de *S. titanus* dans la parcelle (tabl. 2).

Les analyses bayésiennes confirment ces résultats précédents (tabl. 3). Les valeurs BF calculées pour les modèles avec les facteurs topographiques suggèrent également une forte évidence du rôle de la pente pour l'abondance de *S. titanus*. Cependant, les modèles avec des facteurs écologiques et environnementaux ne se distinguent pas de l'hypothèse nulle statuant que ces facteurs n'influencent pas l'abondance du vecteur.

Discussion

Cette étude a permis de confirmer la présence de *S. titanus* sur près de 75 % du vignoble genevois et laisse à penser que l'ensemble du vignoble du canton est colonisé par le vecteur de la FD comme avancé dans une récente publication de Linder *et al.* (2017) ainsi que de Pétremand *et al.* (2017). Ce piégeage à grande échelle complète donc les prospections faites depuis 1996 jusqu'à ce jour dans le canton de Genève.

Dans cette étude, nous avons également pu constater que le nombre de *S. titanus* est probablement directement influencé par des facteurs topographiques, notamment l'exposition des lignes et la pente de la parcelle. Nous confirmons donc l'étude de Linder et Jermini (2007) qui avançait que l'orientation des parcelles influencerait le nombre de *S. titanus*. En effet, il avait été démontré que les parcelles orientées au sud-est hébergeaient 11 fois plus de *S. titanus* que

Tableau 3 | Analyse bayésienne des données par rapport à l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble genevois. H0 = La (les) variable(s) du modèle n'affectent pas l'abondance de *S. titanus*, H1 = La (les) variable(s) du modèle affectent l'abondance de *S. titanus* (interprétation des valeurs comme suggéré par Jeffreys (1961).

Modèles	Facteur de Bayes (BF ₁₀)	Interprétation selon H. Jeffreys
Variables écologiques (meilleurs trois modèles)		
[1] % Enherbement	0,87	Evidence non fiable pour H0
[2] % Enherbement + % <i>Taraxacum officinale</i>	0,47	Evidence non fiable pour H0
[3] % <i>Ranunculus repens</i>	0,35	Evidence non fiable pour H0
Variables topographiques (meilleurs quatre modèles)		
[1] % Pente	20,11	Evidence forte pour H1
[2] % Pente + Radiation solaire	5,76	Evidence modérée pour H1
[3] % Pente + Exposition bise	4,95	Evidence modérée pour H1
[4] % Pente + Radiation solaire + Exposition bise	2,76	Evidence non fiable pour H1
Variables environnementales à 50 m (meilleurs trois modèles)		
[1] % Forêts	0,32	Evidence modérée pour H0
[2] % Surfaces agricoles	0,32	Evidence modérée pour H0
[3] % Vignes	0,26	Evidence modérée pour H0

celles orientées au nord-est sur le coteau de Choulex. De plus, le vecteur était également plus abondant dans la plaine tessinoise que dans les coteaux. Nous confirmons également ce résultat sur Genève en observant une corrélation négative entre la pente et le nombre de *S. titanus* capturés.

Dans notre étude, la proportion et la composition de l'enherbement dans les interlignes n'a pas eu un effet direct sur l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble. La présence de la renoncule rampante et du trèfle blanc n'a pas favorisé la cicadelle. De même pour la présence du pissenlit, plante indicatrice de sols riches en azote, qui n'a pas pu être corrélée avec la densité du vecteur.

Contrairement à Posenato *et al.* (2001), nous n'avons pas pu constater un effet direct du cépage sur la densité de *S. titanus* sur le territoire genevois. Néanmoins, le type de conduite de la vigne a présenté une tendance quant à l'abondance de la cicadelle. Cette tendance pourrait s'expliquer par une proportion de vigne en Guyot-basse plus élevée dans le grand vignoble autour de Satigny (33 sur 52 parcelles échantillonnées) que pour le reste du canton (47 sur 102 parcelles échantillonnées). C'est également autour de Satigny qu'on observe en moyenne plus de *S. titanus*

dans les parcelles que dans les autres vignobles (128 vs 72 individus par piège).

A une petite échelle de 50 m, les facteurs environnementaux relevés n'influencent pas directement l'occurrence de *S. titanus* dans la parcelle. Mais comme mentionné précédemment, plus de vecteurs ont été capturés dans le grand vignoble connecté de Satigny que dans les autres parties du vignoble genevois plus morcelées. Nos observations laissent donc penser que la présence de *S. titanus* augmente avec la surface de vignes aux alentours de la parcelle. En Europe, la présence de *S. titanus* est généralement plus importante dans les vignobles que dans les sous-bois. Ceci est contraire à la situation en Amérique du Nord (Maixner *et al.* 1993), région d'origine de *S. titanus* où l'insecte semble peu présent dans les vignobles et où la majorité des captures sont réalisées dans les sous-bois sur des plants de *Vitis* sauvages. On peut donc conclure que, sous nos latitudes, le climat viticole et la vigne semblent mieux convenir à *S. titanus* que les bordures de forêt et de cours d'eau.

Toutes nos observations laissent penser que le microclimat de la parcelle joue un rôle clé sur la présence de *S. titanus* (exposition sud-est avec fort ensoleillement, faible pente, entouré par une grande surface viticole). Il semble que des situations chaudes et sèches sont préférées par la cicadelle dans le vignoble genevois. En conséquence, on peut conclure que même si les mécanismes (mode de conduite, encépagement, entourage etc.) qui régissent la distribution de *S. titanus* dans le vignoble sont complexes (Linder et Jermini, 2007), le microclimat joue certainement un facteur clé. Pour les campagnes de prospection de *S. titanus* en Suisse, il semble donc conseillé d'échantillonner des parcelles bien ensoleillées au milieu de grandes surfaces viticoles.

Conclusions

- La cicadelle *S. titanus* est présente sur l'ensemble des sites de l'étude.
- Les parcelles à faible pente et exposées sud-est abritent en moyenne plus d'individus de *S. titanus*.
- La présence de *S. titanus* est plus importante dans le grand vignoble connecté autour de Satigny que dans les autres vignobles genevois plus morcelés.
- Pour les campagnes de prospection de *S. titanus* en Suisse, il est conseillé d'échantillonner des parcelles bien ensoleillées au milieu de grands vignobles. ■

Remerciements

Nous remercions Prof. Nicolas Delabays (HEPIA), Dr Dominique Fleury et ses collègues de l'OCAN (Office cantonal de l'agriculture et la nature) ainsi que M. Sébastien Chognard pour leur collaboration. Nous sommes également reconnaissants envers tous les viticulteurs genevois pour l'aide apportée à ce travail par la mise à disposition de leurs parcelles.

Bibliographie

- Chuche J. et Thiéry D., 2014. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review. *Agronomy for Sustainable Development* **34**, 381-403.
- Jeffreys H., 1961. *Theory of probability* (3rd ed.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jermini M., Schaerer S., Johnston H., Colombi L., et Marazzi C., 2014. Dix ans de Flavescence dorée au Tessin. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **46**, 222-229.
- Lee I., Martini M., Marcone C., Zhu S., 2004. *Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **54**, 337-347.
- Linder C. et Jermini M., 2007. Biologie et distribution du vecteur de la Flavescence dorée dans les vignobles. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39**, 97-101.
- Linder C., Kehrli P., Jermini M., Bünter M. et Blaser S., 2017. Distribution du vecteur de la Flavescence dorée *Scaphoideus titanus* en Suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **49**, 63-65.
- Londo G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetation* **33**, 61-64.
- Maixner M., Pearson R.C., Boudon-Padieu E. et Caudwell A., 1993. *Scaphoideus titanus*, a possible vector of grapevine yellows in New York. *Plant Disease* **77**, 408-413.
- Morey R.D., Roudier J.N., 2015. BayesFactor: Computation of Bayes Factors for common designs. R package v0.9.12-4.2. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=BayesFactor>.
- Pétremand G., Volanthen O., Gigon V., Delabays N., Fleury D., Lefort F. et Rochefort S., 2017. Etablissement et optimisation d'un réseau de surveillance dans un contexte de réchauffement climatique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **49**, 272-279.
- Posenato G., Mori N., Bressan A., Girolami V., Sancassani G.P., 2001. *Scaphoideus titanus*, vettore della flavescenza dorata: conoscerlo per combatterlo. *L'Informatore Agrario* **57**, 91-93.
- Trivellone V., Jermini M., Linder C., Cara C., Delabays N. et Baumgartner J., 2013. Rôle de la flore du vignoble sur la distribution de *Scaphoideus titanus*. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **45**, 222-228.



Summary**Factors influencing the presence of *Scaphoideus titanus*, the vector of Flavescence dorée, in the vineyards of Geneva**

The leafhopper *Scaphoideus titanus* is the main vector for the epidemiological transmission of Flavescence dorée. This study has been carried out in the summer 2017 with the goal to identify the biotic and abiotic factors, which could potentially influence the abundance of the leafhopper in the vineyard of the canton of Geneva. Captures showed that *S. titanus* was present in all sampled plots and confirmed its presence over nearly the whole vineyard of Geneva. The abundance of *S. titanus* differed in respect of the orientation of the rows and decreased with the slope of the plot. Our data also indicate that the density of *S. titanus* is higher with an increasing surface of grapevines in the surrounding. For the monitoring of *S. titanus* in Switzerland, it seems therefore to be recommended to sample sunny plots in the middle of large vineyards.

Key words: Viticulture, phytoplasma, grapevine yellows, epidemiology, landscape ecology

Zusammenfassung**Die Faktoren welche das Vorkommen von *Scaphoideus titanus*, dem Vektor der Goldgelben Vergilbung, im Genfer Rebberg beeinflussen**

Die Zikade *Scaphoideus titanus* ist aktuell der wichtigste bekannte Vektor der epidemischen Übertragung der Goldgelben Vergilbung. Diese Studie wurde im Sommer 2017 durchgeführt, mit dem Ziel die biotischen und abiotischen Faktoren, welche das Vorkommen der Zikade innerhalb des Genfer Rebberges erklären, zu identifizieren. *Scaphoideus titanus* konnte in sämtlichen untersuchten Parzellen gefangen werden und unsere Daten bestätigen daher sein Vorkommen im praktisch ganzen Genfer Rebberg. Die Häufigkeit von *S. titanus* unterschied sich in Abhängigkeit der Orientierung der Rebzeilen und sank mit der Parzellenneigung. Daneben weisen unsere Daten auch darauf hin, dass die Dichte von *S. titanus* höher ist, wenn die Rebfläche in der Umgebung gross ist. Für das Auffinden von *S. titanus* in der Schweiz scheint es sich daher zu empfehlen, sonnige Parzellen in Mitten eines grossen Rebberges zu beproben.

Riassunto**Fattori che influenzano la presenza di *Scaphoideus titanus*, vettore della Flavescenza dorata, nel vigneto ginevrino**

La cicalina *Scaphoideus titanus* è attualmente il principale vettore conosciuto della trasmissione epidemica della Flavescenza dorata. Questo studio è stato condotto durante l'estate 2017 con l'obiettivo di identificare i fattori biotici e abiotici che influenzano la cicalina nel vigneto del canton Ginevra. Le nostre catture mostrano che *S. titanus* è presente in tutti i lotti campionati e conferma la sua distribuzione su quasi tutto il vigneto ginevrino. L'abbondanza di *S. titanus* differisce secondo l'orientamento dei filari e diminuisce con la pendenza del terreno. I nostri dati mostrano che la densità di *S. titanus* è più alta quando ci sono più vigneti nelle vicinanze. Per i sondaggi di *S. titanus* in Svizzera, sembra sia preferibile campionare lotti ben soleggiati e in mezzo a grandi vigneti con lieve pendenza.