

# Influence des virus 2 et 4 associés à l'enroulement (GLRaV-2, GLRaV-4) sur le comportement agronomique et la qualité des vins chez le Chasselas

Jean-Laurent SPRING<sup>1</sup>, Jean-Sébastien REYNARD<sup>2</sup>, Vivian ZUFFEREY<sup>1</sup>, Thibaut VERDENAL<sup>1</sup>, Fabrice LORENZINI<sup>2</sup>, Gilles BOURDIN<sup>2</sup>, Christoph CARLEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche Agroscope de Pully, 1009 Pully

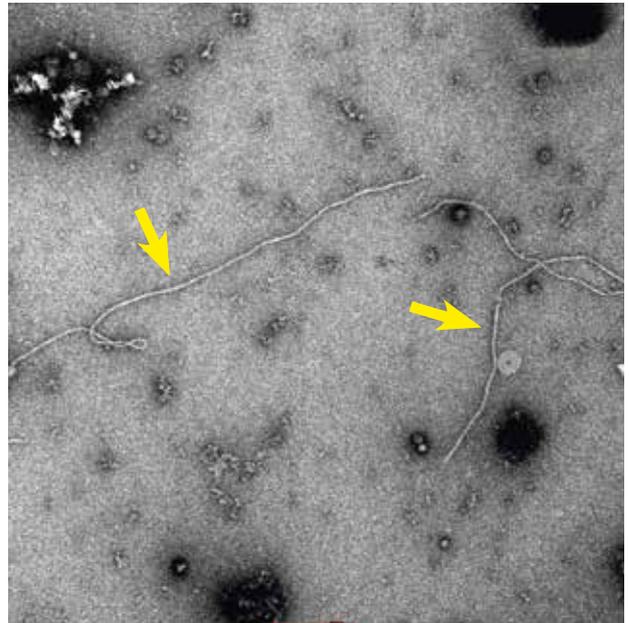
<sup>2</sup> Centre de recherche Agroscope de Changins, 1260 Nyon

<sup>3</sup> Centre de recherche Agroscope des Fougères, 1964 Conthey

Renseignements: Jean-Laurent Spring, tél. +41 58 468 65 63, e-mail: jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch



**Figure 1a** | Virose de l'enroulement, symptômes de rougissement et d'enroulement du limbe causé par une infection par le virus GLRaV-2. Gamay à début août.



**Figure 1b** | Particules virales (GLRaV-2) vues par microscopie électronique, agrandissement x 20 000. Barre = 200 nanomètres.

## Introduction

Les maladies à virus sont présentes dans tous les vignobles de Suisse. Leur répartition, la gravité des symptômes et les conséquences économiques qu'elles entraînent peuvent être très variables selon les régions, le cépage et les virus en question. Certains vignobles peuvent être fortement infectés, notamment lorsqu'il s'agit de viroses dont la transmission est assurée par les nématodes liés au sol (complexe viral du court-noué). Les études conduites dans le vignoble valaisan ont également montré que les virus associés à l'enroulement

pouvaient être très répandus dans certaines parcelles (Besse et Gugerli, 2009). La maladie de l'enroulement est une virose majeure de la vigne, elle affecte la plupart des cépages, les symptômes étant particulièrement visibles sur les cépages rouges (fig. 1a). Quatre espèces virales ont été identifiées à partir de vignes atteintes d'enroulement. Ces virus (fig. 1b) sont appelés GLRaV (grapevine leafroll associated virus pour virus associés à la maladie de l'enroulement), suivi d'un numéro. Les viroses graves, notamment celles du complexe du court-noué et certains virus associés à l'enroulement, sont problématiques, car elles sont suscep-

tibles d'influencer gravement le comportement végétatif, le rendement ou encore la qualité des moûts et des vins. Les viroses de la vigne sont incurables dans le vignoble et peuvent être transmises par le greffage. Leur contrôle passe essentiellement par le choix de matériel de plantation certifié exempt de viroses graves. D'autres virus ou souches virales n'entraînent généralement peu ou pas de symptômes sur la vigne européenne (*Vitis Vinifera*). Les virus GLRaV-2 et GLRaV-4 associés à l'enroulement font partie de ces derniers; leur présence est généralement éliminatoire sur des clones de variétés de vigne certifiées, même si certains clones qui ont été parfois largement multipliés sont par exemple porteurs du GLRaV-2 associé à l'enroulement (IFV, 2007). Afin de juger objectivement de son influence sur les paramètres agronomiques et qualitatifs, des ceps infectés par ce virus, seul ou associé au virus 4 de l'enroulement (GLRaV-4), ont été comparés à des individus sains. Cet article fait le bilan de cette expérimentation conduite avec le cépage Chasselas sur le domaine expérimental Agroscope de Changins (VD) de 2006 à 2018.

## Matériel et méthodes

### Analyses virologiques

Le test ELISA a été utilisé pour évaluer la présence des deux virus de l'enroulement: GLRaV-2 et GLRaV-4. Tous les plants, avant leur mise en place, ont été testés pour la conformité de leur statut virologique par rapport aux variantes planifiées.

De plus, une approche de séquençage haut débit a été réalisée afin de caractériser plus précisément le virome (ensemble des virus infectant un cep) des trois variantes de l'expérimentation. Cette approche de séquençage haut débit repose sur l'extraction, à partir d'une portion de sarment prélevé en hiver, des acides nucléiques qui sont le support de l'hérédité de tous les organismes vivants. Ces acides nucléiques sont ensuite littéralement lus dans un processus de séquençage. Une telle analyse produit des millions de fragments d'ADN qui sont ensuite analysés en utilisant des outils de bio-informatique afin de déterminer la présence des différents virus. Ce genre d'analyse permet d'obtenir le génome complet d'un agent pathogène et de le caractériser très précisément au niveau génétique.

### Variantes et dispositif expérimental

Dans les années 1990, une accession de Chasselas, nommée 8/22, a été identifiée comme étant atteinte de la maladie de l'enroulement. Suite aux tests ELISA,

**Résumé** L'incidence du virus 2 associé à l'enroulement (GLRaV-2) combiné ou non au virus 4 associé à l'enroulement (GLRaV-4) en comparaison avec des individus sains a été étudiée sur des ceps de Chasselas. Les observations ont été conduites sur les aspects agronomiques et œnologiques dans le cadre d'un essai mis en place sur le domaine viticole expérimental de la Station de recherche Agroscope à Nyon (VD). Cette expérimentation menée de 2006 à 2018 a montré que la présence de GLRaV-2 n'a pratiquement exercé aucune influence sur les paramètres végétatifs et de production. La combinaison de GLRaV-2 et GLRaV-4 a conditionné une légère diminution de la vigueur et du potentiel de production (fertilité des bourgeons, poids moyen des grappes), ainsi qu'une faible augmentation de la teneur en sucre et en azote assimilable des moûts. Les différentes modalités n'ont pas entraîné de différences au niveau de la qualité des vins produits.

deux virus de l'enroulement ont pu être mis en évidence dans ce Chasselas 8/22: GLRaV-2 et GLRaV-4. Une procédure de thérapie a été entreprise ensuite afin d'assainir le Chasselas 8/22 de ses deux virus de l'enroulement. Brièvement, des plants de vigne en pots ont été soumis à des températures de l'ordre de 36°C pendant plusieurs semaines dans une chambre de culture. Ces conditions extrêmes éliminent les virus dans les parties apicales du plant. Ces apex sont ensuite bouturés en vert afin de régénérer une plante entière. Ce processus a permis de produire une accession de Chasselas 8/22 débarrassés du GLRaV-4, mais encore infectés par le GLRaV-2, et également une accession sans aucun virus de l'enroulement.

Ces deux accessions issues de l'expérience de thérapie ainsi que le clone d'origine ont été greffés sur 3309 C (clone RAC 1). L'essai a été mis en place en 2003 et a été conduit en Guyot simple (200x85 cm) et disposé en blocs randomisés avec 4 répétitions de 12 ceps par variante. Le but de l'essai était d'évaluer l'influence de deux virus de l'enroulement GLRaV-2 et GLRaV-4 sur le comportement agronomique et la qualité du même clone de Chasselas. En résumé, l'essai comportait trois variantes:

A: témoin assaini (Chasselas 8/22 assaini sans virus de l'enroulement);

- B: GLRaV-2 (Chasselas 8/22 partiellement assaini);  
 C: GLRaV-2 + GLRaV-4 (Chasselas 8/22 sans traitement en thérapie).

#### Site expérimental, sol et climat

La parcelle expérimentale a été implantée dans le bassin lémanique, à 410 m d'altitude, sur le domaine expérimental d'Agroscope de Changins à Nyon (VD). La moyenne pluriannuelle des températures durant la période de végétation (15 avril–15 octobre) s'élève à 14,9°C et les précipitations annuelles moyennes sont de 1009 mm.

La parcelle est située sur une moraine de fond compacte. Analytiquement, la fraction «sol» (0–20 cm) est de nature moyenne (24,5% d'argile) et exempte de calcaire (traces de CaCO<sub>3</sub>), et contient un taux de matière organique satisfaisant (2,5%). L'analyse chimique montre que ce sol est riche en phosphore et en potassium et qu'il est normalement pourvu en magnésium.

#### Relevé des composantes du rendement

- Fertilité des bourgeons contrôlée sur la base de 10 ceps par répétition, poids des baies (50 baies par répétition), poids des grappes (calculé à partir du poids de récolte et du nombre de grappes par cep après dégrappage contrôlé sur 10 ceps par répétition) et rendement aux vendanges.
- Limitation homogène de la récolte en juillet par le maintien d'une grappe par bois.
- Contrôle chaque hiver de l'expression végétative par pesage des bois de taille prélevés sur 10 ceps par répétition et mesure du diamètre du tronc en dessous du point de greffage à la fin de l'essai en 2019.

#### Pourriture grise (*Botrytis cinerea*)

- Intensité de l'attaque à la vendange. Observation sur 50 grappes par répétition selon les classes suivantes: 0%, 10%, 25%, 50%, 75%, 100%.

#### Echanges gazeux

- Photosynthèse, conductance stomatique et transpiration ont été mesurées avec un appareil LICOR 6400 XT (Li-Cor Biosciences, Nebraska, Etats-Unis) en 2014, le 16 juillet, à raison de huit feuilles par répétition.

#### Alimentation minérale

- Détermination, à la véraison, des taux de N, P, K, Ca et Mg, d'un échantillon de 25 feuilles principales (limbe et pétiole) par variante situées dans la zone des grappes (diagnostic foliaire).

- Détermination de la teneur en potassium des moûts des lots vinifiés après débouillage.

#### Analyses des moûts

- Teneur en sucre, pH, acidité totale (exprimée en acide tartrique), acide tartrique, acide malique et teneur en azote des moûts (paramètres analytiques déterminés par spectrométrie infrarouge (Foss, Winescan™).

#### Vinification et analyse sensorielle

- De 2014 à 2018, les différentes variantes ont été vinifiées de manière standard avec foulage, sulfitage (50 mg/l) et débouillage des moûts, chaptalisation à 82°Oe lorsqu'elle n'atteignait pas cette concentration en sucre, décuvage et centrifugation en fin de fermentation alcoolique. Les vins ont subi une fermentation malolactique avant d'être stabilisés chimiquement et physiquement. Une filtration a précédé les analyses des vins et la mise en bouteilles. Les paramètres analytiques courants des vins ont été déterminés par spectrométrie infrarouge (Foss, Winescan™).
- Les vins ont été dégustés chaque année après la mise en bouteilles par le panel expert d'Agroscope. L'appréciation organoleptique de 17 critères a été effectuée suivant une échelle de notation allant de 1 (= mauvais, faible) à 7 (= élevé, excellent).

## Résultats et discussion

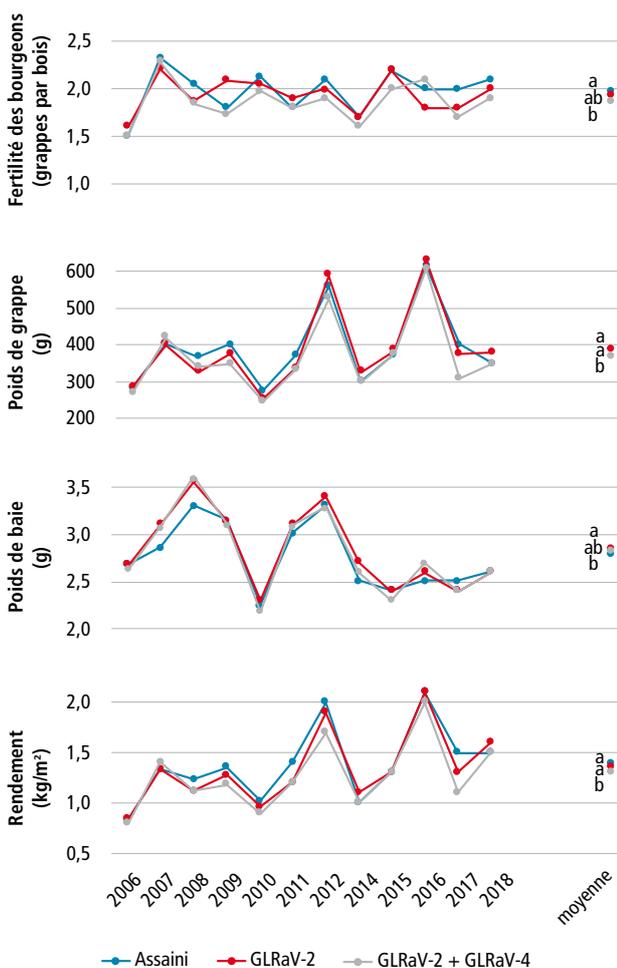
#### Analyses virologiques

Aucun symptôme visuel d'enroulement n'a été observé sur le clone non assaini de Chasselas 8/22. Ce phénomène n'est pas exceptionnel étant donné que cette maladie virale est souvent difficile à diagnostiquer visuellement sur les cépages blancs. C'est pourquoi des tests d'indexage sont réalisés afin d'examiner visuellement la présence de cette maladie. Ces tests d'indexage pour la maladie de l'enroulement sont basés sur un greffage sur une vigne indicatrice (Gamay). Un test d'indexage a été réalisé pour les deux variantes enroulées de l'essai. Dans les deux cas, des symptômes clairs d'enroulement (rougissement et enroulement du limbe) se sont développés à partir du mois d'août.

Les analyses détaillées au laboratoire ont bien confirmé que le statut virologique était conforme au plan expérimental en ce qui concerne les virus de l'enroulement. De plus, les analyses par séquençage ont permis de reconstruire le génome du virus GLRaV-2 au complet. Les génomes du virus GLRaV-2 des deux variantes B et C sont identiques (99,9%), indiquant par là

qu'il s'agit bien du même isolat de ce virus. Ainsi, l'étape de thérapie n'a pas eu d'impact sur la structure génétique du virus GLRaV-2 entre les variantes B et C, celui-ci n'ayant pas muté.

En plus des virus de l'enroulement, les analyses par séquençage ont mis en évidence d'autres virus ou viroïdes. Les agents suivants ont été observés dans les trois variantes de l'essai: *Grapevine rupestris stem pitting-associated virus*, *Grapevine yellow speckle viroid 1*, *Hop stunt viroid* et *Grapevine rupestris vein feathering virus*. Ces agents sont présents dans le clone de Chasselas d'origine 8/22 et n'ont pas été éliminés par le traitement de thérapie, dans aucune des deux variantes de l'essai. Ces agents sont très répandus dans les vignobles et sont latents, ne causant pas de symptômes particuliers sur *Vitis vinifera* (Reynard et al., 2019).



**Figure 2 |** Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins (VD). Composantes du rendement, 2006–2018. Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative (P = 0,05).

### Composantes du rendement

La figure 2 réunit les observations effectuées de 2006 à 2018 en ce qui concerne les composantes du rendement et le rendement total contrôlé à la vendange. Par rapport au témoin sain, les ceps porteurs de l'infection mixte de GLRaV-2 et GLRaV-4 ont présenté une fertilité des bourgeons, un poids moyen de grappe ainsi qu'un rendement inférieurs. Ces différences, même si elles sont significatives, sont faibles en valeur absolue. La variante témoin assainie a présenté des baies significativement plus petites que la variante uniquement porteuse du GLRaV-2. Ici également, les différences sont faibles en valeur absolue. L'effet du virus GLRaV-2 de l'enroulement associé ou non au GLRaV-4 paraît donc présenter un impact limité sur le potentiel de production, à l'inverse de ce qui est observé pour d'autres virus de l'enroulement plus agressifs, à l'exemple de GLRaV-1 ou du GLRaV-3 (Bovey et al., 1980; Mannini et al., 1997; Cordeau, 1998; Ghaffari et al., 2020).

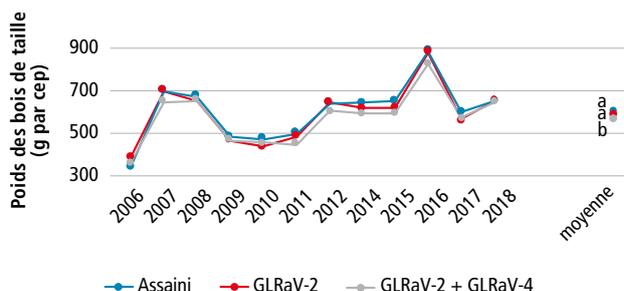
### Expression végétative et échanges gazeux

Les échanges gazeux des deux variantes atteintes de l'enroulement (tab. 1) n'ont pas montré de différence par rapport au témoin.

**Tableau 1 |** Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins (VD). Echanges gazeux, 16 juillet 2014.

Variante	Photosynthèse (µmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Conductance stomatique (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Transpiration (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
A: Assaini	19,7 a	402 a	6,2 a
B: GLRaV-2	19,8 a	408 a	6,3 a
C: GLRaV-2 + GLRaV-4	19,8 a	380 a	6,1 a

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative (P = 0,05).



**Figure 3 |** Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins (VD). Poids des bois de tailles, 2006–2018. Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative (P = 0,05).

La figure 3 réunit douze années d'observations concernant les poids des bois de taille observés dans le cadre de cet essai. Comme pour les paramètres de productivité de la vigne, la vigueur des souches semble peu affectée par la présence de GLRaV-2. La combinaison avec GLRaV-4 entraîne des valeurs significativement inférieures, mais toutefois très proches de celles des deux autres modalités. Le diamètre du tronc, mesuré à l'issue de l'essai (tab. 2), a été plus faible dans la variante infectée par les deux virus de l'enroulement par rapport au témoin. Ici encore, même si la différence est statistiquement significative, elle est faible en valeur absolue (-4%).

Comme cela a été relevé pour les paramètres de production de la vigne, l'effet des virus GLRaV-2 et GLRaV-4 de l'enroulement est beaucoup moins grave en termes de dépression de la vigueur en comparaison avec d'autres virus de l'enroulement plus agressifs, comme GLRaV-1 ou GLRaV-3 (Bovey *et al.*, 1980; Cordeau, 1998; Bertamini *et al.*, 2005; Spring *et al.*, 2012).

#### Pourriture grise (*Botrytis cinerea*)

La pression de *B. cinerea* s'est révélée faible durant la période de l'expérimentation, ce qui n'a pas permis de mettre en évidence d'influence éventuelle des différentes modalités.

#### Alimentation minérale

La figure 4 réunit les résultats des analyses foliaires de N, P, K, Ca et Mg issues d'échantillons prélevés au début de la véraison. De manière générale, le niveau moyen d'alimentation en ces différents éléments peut être considéré comme satisfaisant en fonction des seuils d'interprétation établis par Spring *et al.* (2003). Les différentes modalités étudiées n'ont pas influencé de manière notable l'alimentation minérale de la plante. Seules les valeurs enregistrées pour le calcium montrent une différence significative en faveur de la variante assainie, mais, là également, l'écart en valeur absolue demeure très faible.

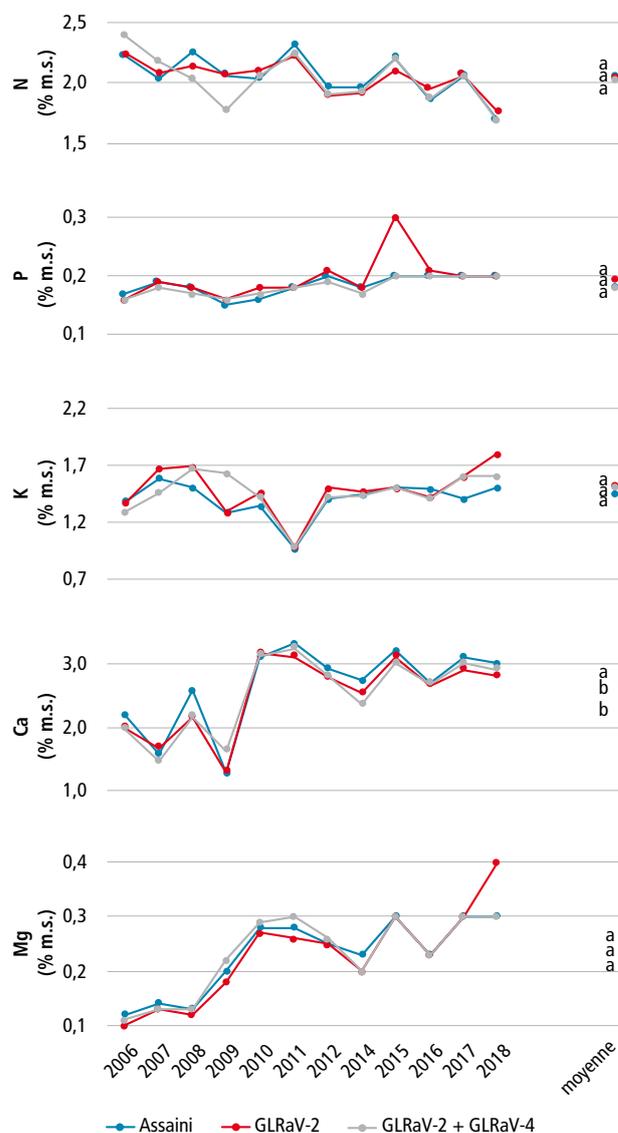
**Tableau 2** | Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins (VD). Diamètre du tronc à la fin de l'essai en automne 2019.

Variante	Diamètre du tronc (cm)
A: Assaini	3,62 a
B: GLRaV-2	3,52 b
C: GLRaV-2 + GLRaV-4	3,47 b

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative ( $P = 0,05$ ).

#### Qualité des moûts

Le tableau 3 réunit les principales données analytiques des moûts. La teneur en sucre des moûts de la variante assainie se révèle significativement plus basse, même si les différences sont relativement faibles par rapport à celle des variantes porteuses de GLRaV-2 ou de GLRaV-2 + GLRaV-4, peut-être en relation avec les rendements un peu plus faibles pour cette dernière. Des valeurs d'azote assimilable un peu plus élevées sont constatées pour la variante co-infectée par GLRaV-2 et GLRaV-4. Dans le cadre d'un essai conduit sur Pinot noir, Jungmin *et al.* (2009) mentionnent que la présence de GLRaV-3 pénalise fortement la teneur en azote des moûts, alors que la présence de GLRaV-2 ne semble pas avoir d'influence sur ce critère.



**Figure 4** | Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins (VD). Diagnostic foliaire 2006-2018. Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative ( $P = 0,05$ ).

### Analyse chimique et sensorielle des vins

Les résultats des principaux critères analytiques et organoleptiques notés lors de la dégustation des vins sont réunis dans les tableaux 4 et 5. Pratiquement aucune différence n'a pu être notée entre les différentes variantes étudiées.

### Conclusions

- L'étude de l'influence du virus 2 associé à l'enroulement (GLRaV-2) combiné ou non au virus 4 associé à l'enroulement (GLRaV-4) en comparaison à un témoin sain a montré les résultats suivants sur Chasselas:
  - la présence de GLRaV-2 n'a eu, par rapport au témoin assaini, que très peu d'influence sur le comportement végétatif et génératif;
  - la combinaison de GLRaV-2 et GLRaV-4 a conditionné une légère diminution de la vigueur et du potentiel de production (fertilité des bourgeons, poids moyen des grappes), ainsi qu'une faible augmentation

de la teneur en sucre et en azote assimilable des moûts;

- les différentes modalités n'ont pas entraîné de différences au niveau de la qualité des vins produits.
- On peut conclure que l'influence de ces deux virus de l'enroulement sur le comportement agronomique et la qualité des vins chez le Chasselas est très faible. Cet impact négligeable reporté dans cet essai confirme l'observation visuelle attestant de l'absence de tout symptôme d'enroulement sur les deux variantes enroulées de l'essai. Néanmoins, il serait hasardeux de généraliser quant à l'innocuité de ces deux virus pour la vigne, car lorsqu'ils sont inoculés au Gamay par greffage, des symptômes typiques de la virose de l'enroulement se développent. Il est vraisemblable que l'impact agronomique et œnologique de ces deux virus soit plus marqué sur un cépage rouge comme le Gamay. De plus, il a été observé que certaines souches de GLRaV 2 peuvent être responsables d'incompatibilités

**Tableau 3 | Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins (VD). Composition des moûts au foulage, moyennes 2006–2018.**

Variante	°Oe	pH	Acidité totale <sup>1</sup> (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)	Azote assimilable (mgN/l)
A: Assaini	78,3 b	3,29 c	5,9 a	5,8 a	2,1 a	141 b
B: GLRaV-2	79,7 a	3,32 b	5,7 a	5,7 a	2,0 a	143 b
C: GLRaV-2 + GLRaV-4	80,2 a	3,34 a	5,7 a	5,7 a	2,1 a	159 a

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative ( $P = 0,05$ ).

<sup>1</sup> exprimée en acide tartrique.

**Tableau 4 | Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins. Analyse des vins, moyennes 2014–2018.**

Variante	Alcool vol %	pH	Acidité totale <sup>1</sup> (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Glycérol (g/l)
A: Assaini	12,2 a	3,51 a	3,7 a	1,3 a	6,7 a
B: GLRaV-2	12,2 a	3,52 a	3,7 a	1,3 a	6,6 a
C: GLRaV-2 + GLRaV-4	12,1 a	3,53 a	3,6 a	1,3 a	6,6 a

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative ( $P = 0,05$ ).

<sup>1</sup> exprimée en acide tartrique.

**Tableau 5 | Influence du GLRaV-2 et du GLRaV-4 sur Chasselas à Changins. Analyse sensorielle des vins, moyennes 2014–2018.**

Variante	Qualité bouquet	Volume	Acidité	Equilibre	Amertume	Impression générale
A: Assaini	4,1 a	4,4 a	4,1 a	4,3 a	2,3 a	4,0 a
B: GLRaV-2	3,9 b	4,3 a	4,1 a	4,2 a	2,5 a	3,9 a
C: GLRaV-2 + GLRaV-4	4,0 a	4,3 a	4,1 a	4,3 a	2,3 a	4,0 a

Notes de 1 = faible, mauvais à 7 = élevé, excellent.

Les moyennes signalées par une lettre commune ne se distinguent pas de manière significative ( $P = 0,05$ ).

au greffage, en particulier avec le porte-greffe Kober 5BB (Alkowni *et al.*, 2011). C'est pourquoi ce virus ainsi que les autres virus de l'enroulement sont pris en compte dans la filière de certification et que les ceps infectés sont exclus de la sélection. ■

#### Remerciements

Les collaborateurs des groupes de recherche Viticulture, Œnologie, Analyse des vins et Virologie d'Agroscope sont vivement remerciés de leur précieuse collaboration.

#### Bibliographie

- Alkowni R., Zhang Y.P., Rowhani A., Uyemoto J.K. & Minafra A., 2011. Biological, molecular and serological studies of a novel strain of Grapevine leafroll-associated virus 2. *Virus Genes* **43**, 102–110.
- Bertamini M., Malonini U., Kriskinasamy M. & Nedunchezian N., 2005. Physiological response of field grown grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Marzemino) to grapevine leafroll-associated virus (GLRaV-1). *Phytopathol. Mediterr.* **44**, 256–265.
- Besse S., Rütsche C. & Gugerli P., 2009. Tentative analysis of the economic impact of grapevine leafroll disease in the vineyard of Valais (Switzerland). Proceedings of the 16<sup>th</sup> Meeting of the International Council for the study of Virus and Virus-like Disease of the Grapevine, 232–233.
- Besse S. & Gugerli P., 2009. Survey of major grapevine virus diseases in the vineyard of Valais (Switzerland). Proceedings of the 16<sup>th</sup> Meeting of the International Council for the study of Virus and Virus-like Disease of the Grapevine, 118–119.
- Bovey R., Gärtel W., Hewitt W.B., Martelli G.P. & Vuittenez A., 1980. Maladies à virus et affections similaires de la vigne. Ed. Payot, Lausanne, 181 pp.
- Cordeau J., 1998. Création d'un vignoble. Greffage de la vigne et porte-greffe. *Élimination des maladies à virus*. Ed. Féret, 182 pp.
- Ghaffari S., Reynard J.-S. & Rienth M., 2020. Single berry reconstitution prior to RNA-sequencing reveals novel insights into transcriptomic remodeling by leafroll virus infections in grapevines. *Scientific Reports*.
- IFV, 2007. Catalogue des variétés et clones de vigne cultivés en France, 2<sup>e</sup> édition. Ed. Institut français de la vigne et du vin (ENTAV-ITV France), 455 pp.
- Jungmin L. & Martin R.R., 2009. Influence of grapevine leafroll-associated viruses (GLRaV-2 and -3) on the fruit composition of Oregon *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir: phenolics. *Food Chemistry* **112**, 889–896.
- Jungmin L., Keller K.E., Rennaker C. & Martin R.R., 2009. Influence of grapevine leafroll-associated viruses (GLRaV-2 and -3) on the fruit composition of Oregon *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir: free amino acids, sugars and organic acids. *Food Chemistry* **117**, 99–105.
- Mannini F., Argamante N. & Credi R., 1997. Heat-treated v. virus-infected grapevine clones: agronomical and enological modifications. Proceedings International symposium on the importance of varieties and clones in the production of quality wine. Kecskemet, Hungary, *Acta Horticulturae* **473**, 155–163.
- Reynard J.-S., Schaerer S., Gindro K. & Viret O., 2019. *Virus, bactéries et phytoplasmes*. Ed. AMTRA, Nyon, 269 pp.
- Spring J.-L., Reynard J.-S., Viret O., Maigre D., Gugerli P. & Brugger J.-J., 2012. Effet du virus 1 associé à l'enroulement (GLRaV1) et du virus de la marbrure sur le comportement agronomique et la qualité des vins de Gamay. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Viticulture* **44** (3), 180–188.
- Spring J.-L., Ryser J.-P., Schwarz J.-J., Basler P., Bertschinger L. & Häseli A., 2003. Données de base pour la fumure en viticulture. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Viticulture* **35** (4), 1–23.

### ■ **Summary** Impact of Leafroll Viruses 2 and 4 (GLRaV-2, GLRaV-4) on the Agronomic Behaviour and Quality of Chasselas Wines.

In this study, Chasselas vines which were infected with Leafroll Virus 2 (GLRaV-2) alone or in combination with Leafroll Virus 4 (GLRaV-4) were compared with healthy vines. The observations, which were made from 2006 to 2018 on Agroscope's experimental farm in Nyon, were related to agronomical and oenological aspects. The results show that the GLRaV-2 virus had virtually no effect on vegetative and production-related parameters. The combination of GLRaV-2 and GLRaV-4 led to a slight decline in vigour and production potential (bud fertility, average grape weight) as well as to a slight increase in sugar content and assimilable nitrogen content in the must. The different variants had no impact on the quality of the wines produced.

**Key words:** grapevine, GLRaV-2, GLRaV-4, agronomical features, mineral nutrition, wine quality.

### ■ **Zusammenfassung** Einfluss der Blattrollviren 2 und 4 (GLRaV-2, GLRaV-4) auf das agronomische Verhalten und die Qualität von Chasselas-Weinen.

In der vorliegenden Studie wurden Chasselas-Reben, die entweder nur mit dem Blattrollvirus 2 (GLRaV-2) oder in Kombination mit dem Blattrollvirus 4 (GLRaV-4) infiziert waren, mit gesunden Rebstöcken verglichen. Die von 2006 bis 2018 auf dem Versuchsbetrieb von Agroscope in Nyon durchgeführten Beobachtungen bezogen sich auf agronomische und önologische Aspekte. Die Ergebnisse zeigen, dass das GLRaV-2-Virus praktisch keinen Einfluss auf vegetative und produktionsbezogene Parameter hatte. Die Kombination von GLRaV-2 und GLRaV-4 führte zu einem leichten Rückgang der Wuchskraft und des Produktionspotenzials (Knospenfruchtbarkeit, durchschnittliches Traubengewicht) sowie zu einem leichten Anstieg des Zuckergehalts und des Gehalts an assimilierbarem Stickstoff im Most. Die unterschiedlichen Varianten hatten keinen Einfluss auf die Qualität der produzierten Weine.

### ■ **Riassunto** Influsso dei virus dell'accartocciamento fogliare 2 e 4 (GLRaV-2 e GLRaV-4) sul comportamento agronomico e sulla qualità dei vini Chasselas.

Per realizzare questo studio si sono confrontate con esemplari sani le viti di Chasselas affette dal virus GLRaV-2 - da solo o in combinazione con il GLRaV-4. Le osservazioni raccolte nella stazione di ricerca Agroscope a Nyon tra il 2006 e il 2018 riguardavano gli aspetti agronomici ed enologici. I risultati indicano che il virus GLRaV-2 non ha praticamente influito sui parametri vegetativi e produttivi. I virus GLRaV-2 e GLRaV-4, combinati, hanno portato a una leggera diminuzione della vigoria e del potenziale produttivo (fertilità delle gemme, peso medio dei grappoli) e a un lieve aumento del tenore di zucchero e di azoto assimilabile nel mosto. Le diverse varianti non hanno avuto ripercussioni sulla qualità dei vini prodotti.