



Identifier les conditions pédoclimatiques permettant d'expliquer la susceptibilité du cépage Gamaret à la maladie de l'Esca

Vinciane Monod^{1,2}, Vivian Zufferey³, Matthieu Wilhelm², Olivier Viret⁴, Katia Gindro², Daniel Croll¹, Valérie Hofstetter²

¹ Laboratory of Evolutionary Genetics, Institute of Biology, University of Neuchâtel, CH-2000 Neuchâtel, Switzerland

² Agroscope, Plant Protection, Mycology, 1260 Nyon, Switzerland

³ Agroscope, Viticulture, Avenue de Rochettaz 21, 1009 Pully, Switzerland

⁴ General Direction of Agriculture, Viticulture and Veterinary Affairs (DGAV), Department of Finances and Agriculture (DDFA), CH-1110 Morges, Switzerland

Afin de comprendre la susceptibilité hautement variable du cépage Gamaret à la maladie de l'Esca, une étude sur quatre ans a été conduite afin d'identifier les facteurs environnementaux (climat, physiologie de la vigne, type de sol) ayant le plus d'influence sur l'expression de la maladie. La capacité du sol à retenir l'eau s'est avérée être le facteur le plus impactant sur l'incidence de l'Esca, suivi de l'abondance des pluies en début d'été apparemment responsables d'une hausse de l'incidence des symptômes foliaires. Cette étude peut servir de modèle pour identifier les principaux facteurs environnementaux responsables de l'expression de l'Esca dans d'autres cépages.

Matériel et Méthodes

Cette étude a porté sur 19 parcelles de vigne situées dans quatre régions viticoles de l'ouest de la Suisse (Figure 1A). Afin de minimiser les facteurs de confusion liés à la variabilité des cépages, l'âge des ceps et la conduite de la vigne, toutes les parcelles étudiées ont été plantées en 2003 avec des plantes de *Vitis vinifera* L. cv Gamaret (croisement Gamay x Reichensteiner) greffées sur le porte-vigne 3309C, dans la même pépinière et avec un matériel homogène. Toutes les parcelles étudiées ont été conduites selon le mode de taille Guyot simple.

Les données récoltées pour chacune des parcelles étudiées avant le début de l'expérience (2003-2017) ont montré que la mortalité des plantes variait considérablement, de 0 % à 48 % suivant les parcelles. Sur la base de cette variabilité, le cépage Gamaret a été sélectionné comme modèle pour l'étude de l'influence des facteurs biotiques et abiotiques sur l'incidence de l'Esca. Durant quatre années (2018-2021), la présence ou absence de symptômes d'Esca a été recensée sur environ 300 plantes par parcelle (5700 plantes pour l'ensemble du réseau viticole étudié) à la période où les symptômes de la maladie sont les plus visibles (fin août à début septembre). Les symptômes ont été classés en cinq catégories : 1) plantes asymptomatiques (pas de symptômes visibles), 2) symptômes foliaires légers (un seul rameau présentant des symptômes), 3) symptômes foliaires modérés (plus un rameau présentant des symptômes), 4) symptômes foliaires sévères (tous les rameaux présentant des symptômes), 5) apoplexie. La proportion de plantes affectées par la maladie a été établie annuellement pour chaque parcelle sur la base du nombre de ceps plantés en 2003 encore présents l'année de l'observation. Des données climatiques (précipitations et température) ont été obtenues pour des sites représentatifs de chacune des quatre régions viticoles étudiées (<https://www.meteoswiss.admin.ch/>). Les données des années précédentes (1990-2017) ont également été obtenues afin d'établir une norme climatique pour permettre une analyse comparative.

Pour estimer la capacité de rétention de l'eau du sol (CRES), un trou a été creusé entre les rangs de vigne. Ce trou mesurait, pour la plupart des parcelles étudiées (n=15), 1.5 m de profondeur x 1 m de largeur, alors que pour les parcelles où les plantes étaient plus profondément enracinées (n=4), des trous de 2 m de profondeur ont été creusés sans que la roche mère soit atteinte. La CRES a été calculée selon la méthode proposée par Letessier et Fermond¹.

Des données physiologiques et agronomiques ont aussi été collectées, incluant l'état hydrique de la plante, la composition isotopique du carbone dans les baies au moment de la récolte, le contenu des feuilles en nutriments (azote, potassium, phosphore, calcium et magnésium), le poids des baies et les pratiques de culture de couvertures.

Résultats

Cette publication est une version abrégée d'un article publié dans *OENO One*² (se référer à cet article pour les figures et les tables non présentées dans cette version). Les variables biotiques (physiologie végétale et culture de couverture) et abiotiques (climat et CRES [Tableau 1]) mesurées, ainsi que l'incidence de l'Esca, ont été résumées à l'aide d'une analyse en composantes principales (ACP). Les résultats de cette ACP (non montés dans cette version abrégée, voir Monod *et al.*²), suggéraient que la capacité de rétention de l'eau du sol (CRES) était un facteur important pour l'expression des symptômes foliaires d'Esca. Par conséquent, la relation entre le taux de mortalité des plantes et la CRES a été testée pour les 19 parcelles de vigne étudiées sur la période allant de leur plantation (2003) à 2021. Une régression linéaire a permis de mettre en évidence une association positive entre la mortalité des plantes et la CRES (Figure 2).

De plus, nous avons calculé les coefficients de corrélation de Pearson et de ξ (package disponible dans R ; 3) de 70 variables avec l'incidence de l'Esca et sélectionné ceux qui présentaient la plus forte association. (Figure 3). La somme des symptômes et les précipitations en juin (Figure 3A) ont affiché le coefficient de corrélation de Pearson le plus élevé ($R = 0,58$). Les deux coefficients de corrélation suggèrent également une association positive entre le régime pluviométrique observé en juin et l'expression de la maladie. Plus précisément, les précipitations totales et l'écart par rapport à la norme climatique 1991-2017 des précipitations en juin étaient relativement fortement associés aux indices d'incidence de l'Esca, selon les coefficients de corrélation pour les premières et le coefficient de corrélation ξ pour les seconds. (Figure 3). Les autres variables ayant montré une corrélation relativement haute avec l'incidence de l'Esca sont les cultures de couverture et le contenu des feuilles en chlorophylle.

Discussion

Notre objectif principal était d'étudier les associations entre divers facteurs pédoclimatiques et la prévalence de la maladie de l'Esca dans différentes régions viticoles, afin d'identifier ceux qui pourraient expliquer la susceptibilité très variable du Gamaret à cette maladie. Pour ce faire, nous avons effectué des mesures épidémiologiques annuelles de l'Esca, mesuré divers indicateurs physiologiques dans toutes les parcelles de vignoble étudiées et recueilli des données sur les caractéristiques de leur sol et de leurs conditions climatiques.

Au cours de quatre années de suivi, nous avons observé des variations annuelles dans l'incidence de l'Esca entre les régions bioclimatiques et au sein de celles-ci. Cette variabilité dans l'expression de la maladie d'un même cépage suggère que des facteurs abiotiques spécifiques peuvent influencer l'incidence de la maladie,

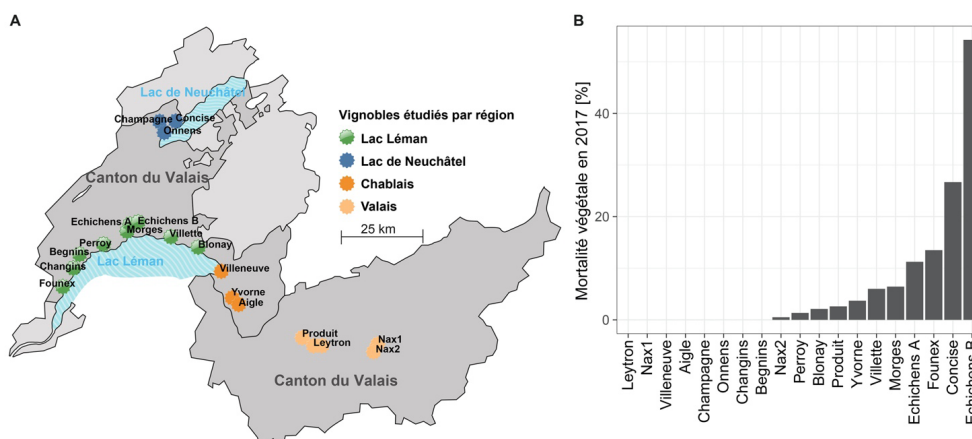


FIGURE 1. A Emplacement géographique des parcelles de Gamaret étudiées dans l'ouest de la Suisse. B Taux cumulé de remplacement des ceps [% de plantes] dans le réseau viticole étudié depuis leur plantation en 2003 jusqu'en 2017.

TABLEAU 1. Sites expérimentaux dans quatre régions viticoles de Suisse ainsi que leur type de gestion (% de couverture du sol) et la capacité de rétention de l'eau du sol (CRES)

Sites	Région	Type de sol	% de couverture végétale	CRES (mm)	Catégorie de CRES
Founex	Lac Léman	Moraines graveleuses	70	155	Moyenne
Changins	Lac Léman	Moraines de fond	70	110	Moyenne
Begnins	Lac Léman	Moraines de fond	70	130	Moyenne
Perroy	Lac Léman	Moraines de fond	70	155	Elevée
Morges	Lac Léman	Moraines de fond	70	240	Elevée
Echichens A	Lac Léman	Moraines de fond	70	230	Elevée
Echichens B	Lac Léman	Moraines de fond	70	230	Elevée
Villette	Lac Léman	Grès de Marly	70	250	Elevée
Blonay	Lac Léman	Grès de Marly	70	200	Elevée
Onnens	Lac de Neuchâtel	Roches sableuses jurassiques	70	120	Moyenne
Champagne	Lac de Neuchâtel	Roches sableuses jurassiques	60	95	Basse
Concise	Lac de Neuchâtel	Roches sableuses jurassiques	70	180	Elevée
Villeneuve	Chablais	Moraines graveleuses	70	90	Basse
Yverne	Chablais	Moraines graveleuses	50	100	Basse
Aigle	Chablais	Moraines graveleuses	50	80	Basse
Produit	Valais	Schistes argileux	0	160	Elevée
Leytron	Valais	Moraines rocheuses	0	100	Basse
Nax1	Valais	Moraines rocheuses	0	90	Basse
Nax2	Valais	Colluvial/Moraines rocheuses	0	140	Moyenne

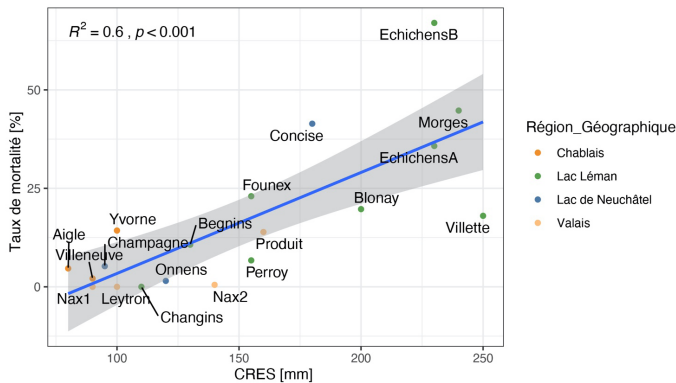


FIGURE 2. Régression linéaire entre le taux de mortalité total par parcelle de vigne (de 2003 à 2021) et l'indice de capacité de rétention d'eau du sol (CRES) pour chaque parcelle.

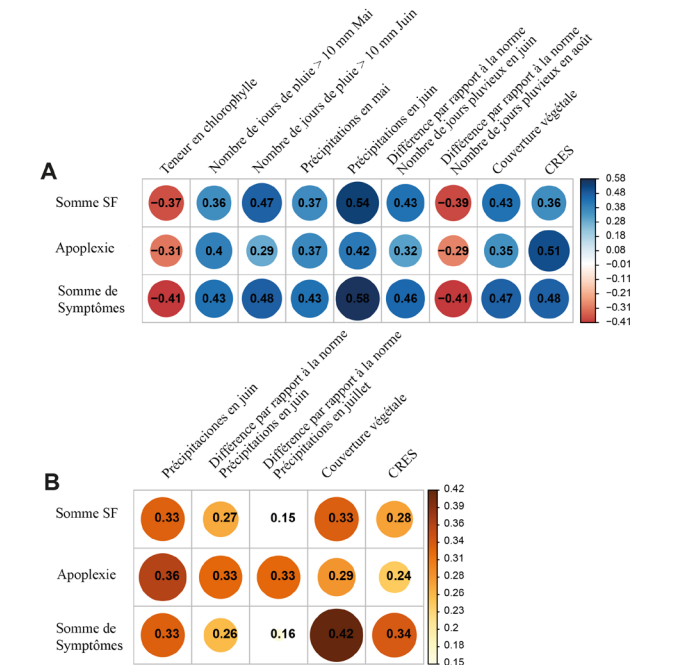


FIGURE 3. Matrice des coefficients de corrélation avec les variables les plus corrélées aux indices d'incidence de l'Esca : nombre de plantes présentant des symptômes foliaires (FS_sum), nombre de plantes présentant des symptômes apoplectiques (apoplexy), nombre de plantes touchées par l'Esca (FS_sum + apoplexy). La taille du point reflète la force de la corrélation. A. Variables présentant le taux de corrélation le plus élevé avec les indices d'incidence de l'Esca selon le coefficient de corrélation de Pearson. B. Variables les plus corrélées avec les indices d'incidence de l'Esca selon le coefficient de corrélation ξ .

comme cela a déjà été suggéré³. Nous avons donc cherché à identifier les facteurs susceptibles d'influencer l'incidence et la gravité des symptômes de l'Esca exprimés par le Gamaret.

Notre analyse en composantes principales (2) a montré une association entre l'incidence de l'Esca et la CRES. Afin d'étudier plus en détail cette relation, nous avons effectué

une analyse de régression linéaire sur l'ensemble du réseau de vignobles étudié, en utilisant les données de mortalité collectées pour chaque parcelle sur une période de 18 ans (figure 2). Cette analyse a montré que le Chablais, où les parcelles de vignoble étudiées avaient toutes une CRES faible, présentait également le taux de mortalité des plantes le plus bas (Tableau 1 ; Figures 1 et 2), tandis que dans la région du lac Léman, où les parcelles de vignoble étaient plantées dans des sols présentant une CRES moyenne à élevée, le taux de mortalité était le plus élevé. En outre, dans les régions du Valais et du lac de Neuchâtel, où les parcelles de vignoble étaient plantées dans des sols présentant une CRES hétérogène, les taux de mortalité les plus élevés ont été observés pour les parcelles plantées dans les sols présentant la CRES la plus élevée. Nos résultats confirment l'existence d'une association entre le CRES et la mortalité des plantes, tant entre les régions qu'au sein de celles-ci, ce qui confirme les conclusions d'études récentes^{4,5}. De plus, nos analyses de corrélation (Figure 3) suggèrent que l'incidence de la maladie est associée aux précipitations, en particulier en juin. Les étés pluvieux semblent favoriser l'expression des symptômes de l'Esca, en particulier les régimes pluviométriques de mai à juillet, comme l'ont déjà suggéré d'autres auteurs⁵. L'année 2021, la plus humide de la période étudiée, a enregistré le plus grand nombre de symptômes foliaires et d'événements apoplectiques dans trois des quatre régions viticoles suivies. Les années 2019 et 2021 ont toutes deux été caractérisées par un mois de mai particulièrement pluvieux et froid, suivi d'un été chaud en 2019 et d'un été chaud et pluvieux en 2021 (données non présentées; voir Monod *et al.*⁷). Nos résultats contrastent avec l'idée répandue selon laquelle la combinaison de températures élevées et de sécheresse intensifie les dommages causés aux plantes³. Cependant, ils concordent avec les conclusions suggérant qu'une exposition prolongée à la sécheresse (comme observé dans le Valais) ne semble pas modifier la sensibilité d'un cépage particulier à l'Esca⁶. Cela suggère que le cépage Gamaret est sensible aux symptômes de l'Esca lorsqu'il est situé sur un sol à forte capacité de rétention d'eau et qu'il est moins affecté dans les climats chauds et secs. Nos conclusions fournissent aux viticulteurs des lignes directrices pour mieux gérer l'incidence de l'ESCA en leur permettant un choix optimal des parcelles pour la plantation du cépage Gamaret. Nous tenons cependant à souligner que nos conclusions sont basées sur une étude de quatre ans, avec des plants greffés sur un seul porte-greffe, et sont donc limitées. ■

1 Leusser I & Fermond C (2004). Étude des terroirs viticoles vaudois (Suisse), Géo-pédologie. Zone pilote de La Côte : Appellations Bursinel, Vinzel, Luins et Begnins. Rapports SIGALES. https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/sol/fichiers_pdf/Cartographie_des_sols_viticoles_-_article_Agroscope.pdf

2 Monod, V., Zufferey, V., Wilhelm, M., Viret, O., Gindro, K., Croll, D., & Hofstetter, V. (2025). Identifying the pedoclimatic conditions most critical in the susceptibility of a grapevine cultivar to Esca disease. *OENO One*, 59(1). <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.1.7659>

3 Fischer, M., & Peighami-Ashnaei, S. (2019). Grapevine, Esca complex, and environment: the disease triangle. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(1), 17–37. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-25086

4 Calvo-Garrido, C., Songy, A., Marmol, A., Roda, R., Clément, C., & Fontaine, F. (2021). Description of the relationship between trunk disease expression and meteorological conditions, irrigation and physiological response in Chardonnay grapevines. *OENO One*, 55(2), 97–113. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.2.4548>

5 Calzarano, Francesco, Di Marco, S., D'agostino, V., Schiff, S., & Mugnai, L. (2014). Grapevine leaf stripe disease symptoms (Esca complex) are reduced by a nutrients and seaweed mixture. *Phytopathologia Mediterranea*, 53(3), 543–558. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-15253

6 Bortolami, G., Gambetta, G. A., Cassan, C., Dayer, S., Farolfi, E., Ferrer, N., Gibon, Y., Jolivet, J., Lecomte, P., & Delmas, C. E. L. (2021). Grapevines under drought do not express Esca leaf symptoms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(43). <https://doi.org/10.1073/pnas.2112825118>