



Identificación de las condiciones edafoclimáticas más críticas en la susceptibilidad de cv. Gamaret a la Yesca

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

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 Rochetaz 21, 1009 Pully, Switzerland

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

Para entender la gran variabilidad en la susceptibilidad del cultivar (cv.) Gamaret a la enfermedad de Yesca, llevamos a cabo un estudio de cuatro años con el fin de identificar los factores ambientales (clima, fisiología vegetal y suelo) que más influyen en la expresión de la enfermedad. Se descubrió que la capacidad de retención de agua del suelo era el factor que más influía en la incidencia de Yesca. También, unas mayores precipitaciones a principios del verano eran responsables del aumento en síntomas foliares. Esta investigación proporciona una información valiosa para identificar los factores ambientales que influyen en la expresión de los síntomas de Yesca en otros cultivares de vid.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en 19 viñedos de cuatro regiones del oeste de Suiza (Figura 1A). Para minimizar los factores relacionados con la variabilidad de los cultivares, la edad de las vides y el método de poda, todas las parcelas de viñedo se plantaron de manera uniforme en 2003 con *Vitis vinifera* L. cv Gamaret (un cruce entre Gamay x Reichensteiner) injertado en portainjerto 3309C. Todas las plantas se injertaron en el mismo vivero utilizando material homogéneo y se entrenaron utilizando el sistema de poda Guyot simple.

La mortalidad de las plantas observada antes del experimento (2003-2017) fue muy variable (Figura 1B), oscilando entre el 0 % y el 48 % según las parcelas de viñedo. Basándose en esta variabilidad, se seleccionó el cv. Gamaret como modelo ideal para investigar la influencia de los factores bióticos y abióticos en la incidencia de Yesca. Durante cuatro años consecutivos (2018-2021), cuando los síntomas de Yesca eran más visibles (desde finales de agosto hasta principios de septiembre), se examinaron alrededor de 300 vides por parcela de viñedo para detectar la presencia de síntomas de Yesca, lo que supuso un total de 5700 plantas en toda la red de viñedos. La gravedad de los síntomas se clasificó en cinco categorías: 1) plantas asintomáticas (sin síntomas apreciables), 2) síntomas foliares leves (un solo brote sintomático), 3) síntomas foliares medios (más de un brote sintomático), 4) síntomas foliares graves (todos los brotes presentan síntomas) y 5) apoplejía. La proporción de plantas afectadas por parcela se determinó anualmente, basándose en el número de vides plantadas originalmente en 2003 y que aún estaban presentes durante el año de observación.

Los datos climáticos (precipitaciones y temperatura) se obtuvieron desde estaciones representativas para cada una de las cuatro regiones vitivinícolas objeto de estudio en <https://www.meteoswiss.admin.ch/>. También se recopilaron datos de años anteriores (1990-2017) para establecer una norma climática, útil en el análisis comparativo.

Para estimar la capacidad de retención de agua del suelo (SWHC) de cada parcela, se realizaron calicatas entre las hileras de vides. En la mayoría de las parcelas (n=15), las calicatas fueron tuvieron dimensiones de 1,5 m de profundidad x 1 m de ancho, mientras que en las parcelas donde las raíces de las vides se extendían más profundamente (n=4), se excavaron hasta de 2 m de profundidad sin llegar al lecho rocoso. La SWHC se calculó para cada parcela siguiendo el método descrito por Letessier y Fermond¹.

Se recopilaron datos fisiológicos y agronómicos adicionales, entre ellos el estado hídrico de la vid, la composición de isótopos de carbono en las bayas en el momento de la vendimia, el contenido de nutrientes foliares (nitrógeno, potasio,

fósforo, calcio y magnesio), el peso de las bayas y las prácticas de manejo de la cubierta del suelo.

Resultados

Esta publicación es una versión resumida de un artículo publicado en *OENO One*²; (véanse las figuras y tablas que no se presentan aquí en dicha publicación). Las variables bióticas (fisiología vegetal y cultivos de cobertura) y abióticas (clima y SWHC [Tabla 1]) medidas, así como la incidencia de Yesca, se resumieron mediante un análisis de componentes principales (PCA).

Los resultados de nuestro ACP (no mostrados aquí; véase Monod *et al.*, 2025²) sugirieron que la capacidad de retención de agua del suelo (SWHC) era un factor importante para la expresión de los síntomas de las plantas. En consecuencia, se analizó la relación entre la tasa de mortalidad total desde la plantación de las vides (2003) y la SWHC en las 19 parcelas de viñedo estudiadas. La regresión lineal infirió una asociación positiva entre la mortalidad de las plantas y la SWHC (Figura 2).

Además, calculamos los coeficientes de correlación de Pearson y ξ (paquete disponible en R; 3) de 70 variables con la incidencia de Yesca y seleccionamos aquellas con la asociación más alta (Figura 3). La suma de los síntomas y las precipitaciones en junio (Figura 3A) mostraron el coeficiente de correlación de Pearson más alto ($R = 0,58$). Ambos coeficientes de correlación también subrayaron una asociación positiva entre el régimen de precipitaciones observado en junio. Concretamente, las precipitaciones totales y la desviación de la norma climática de 1991- 2017 para las precipitaciones en junio están relativamente muy asociadas con los índices de incidencia de Yesca, según ambos coeficientes de correlación para el primero y el coeficiente de correlación ξ para el segundo (Figura 3). Otras variables relativamente correlacionadas fueron los cultivos de cobertura y el contenido de clorofila.

Discusión

Nuestro principal objetivo fue investigar las asociaciones entre una serie de factores edafoclimáticos y la prevalencia de la enfermedad de Yesca en diferentes regiones vitivinícolas, con el fin de identificar aquellos que pudiesen explicar la susceptibilidad de la variedad Gamaret a la Yesca. Para ello, realizamos mediciones epidemiológicas anuales de Yesca, supervisamos de cerca diversos indicadores fisiológicos en todas las parcelas de viñedos y recopilamos datos sobre las características del suelo y las condiciones climáticas.

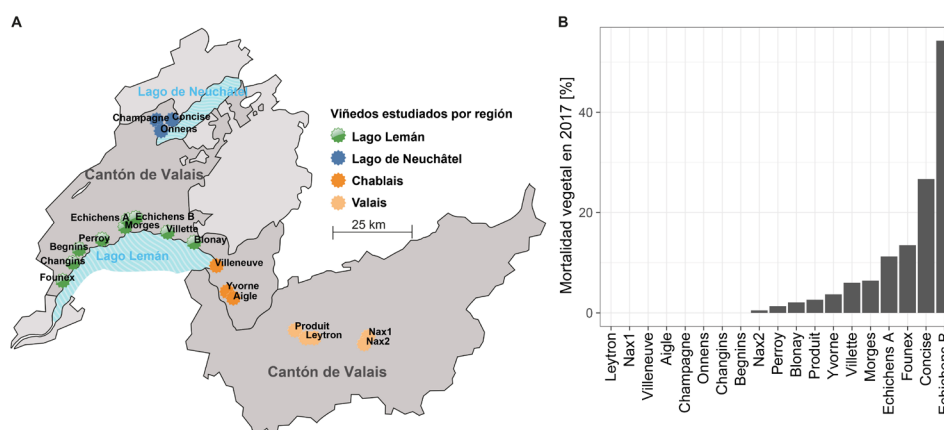


FIGURA 1. A. Mapa de los viñedos de Gamaret estudiados en el oeste de Suiza. B. Tasa de mortalidad vegetal acumulada [% de plantas] desde la plantación del viñedo en 2003 hasta 2017 en toda la red de parcelas de estudio.

TABLA 1. Parcelas de experimentación en cuatro regiones vitivinícolas (Suiza) y su respectivo tipo de gestión del suelo (% de cobertura vegetal) y capacidad de retención de agua del suelo (SWHC).

Sítios	Región	Tipos de suelo	% de cultivos de cobertura	SWHC (mm)	Categoría SWHC
Founex	Lago Lemán	Morrenas pedregosas	70	155	Medio
Changins	Lago Lemán	Morrenas de fondo	70	110	Medio
Begnins	Lago Lemán	Morrenas de fondo	70	130	Medio
Perroy	Lago Lemán	Morrenas de fondo	70	155	Alto
Morges	Lago Lemán	Morrenas de fondo	70	240	Alto
Echichens A	Lago Lemán	Morrenas de fondo	70	230	Alto
Echichens B	Lago Lemán	Morrenas de fondo	70	230	Alto
Villette	Lago Lemán	Areniscas de Marly	70	250	Alto
Blonay	Lago Lemán	Areniscas de Marly	70	200	Alto
Onnens	Lago de Neuchâtel	Piedras arenosas jurásicas	70	120	Medio
Champagne	Lago de Neuchâtel	Piedras arenosas jurásicas	60	95	Bajo
Conciso	Lago de Neuchâtel	Piedras arenosas jurásicas	70	180	Alto
Villeneuve	Chablais	Morrenas pedregosas	70	90	Bajo
Yvorne	Chablais	Morrenas pedregosas	50	100	Bajo
Aigle	Chablais	Morrenas pedregosas	50	80	Bajo
Producto	Valais	Esquistos arcillosos	0	160	Alto
Leytron	Valais	Morrenas rocosas	0	100	Bajo
Nax1	Valais	Morrenas rocosas	0	90	Bajo
Nax2	Valais	Morrenas coluviales/pedregosas	0	140	Medio

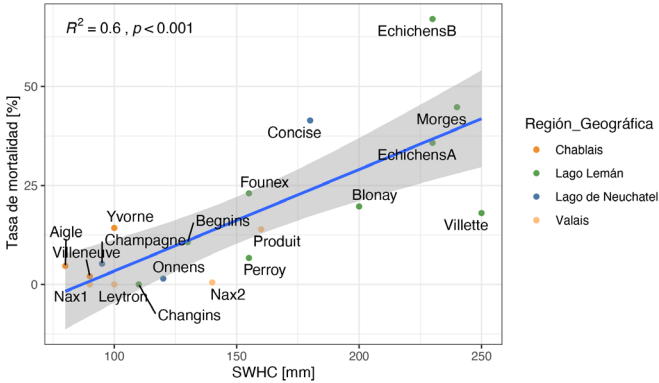


FIGURA 2. Regresión lineal entre la tasa de mortalidad total por parcela de viñedo (de 2003 a 2021) y la capacidad de retención de agua del suelo (SWHC) para cada parcela.

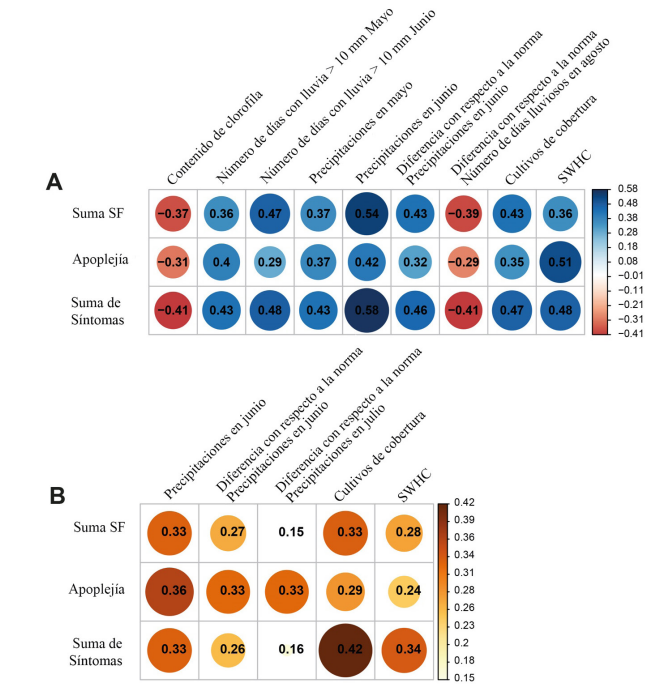


FIGURA 3. Matriz de coeficientes de correlación con las variables más correlacionadas con la incidencia de Yesca: número de plantas con síntomas foliares (Suma SF), número de plantas con síntomas apopléjicos (Apoplejia), número de plantas afectadas con cualquier síntoma de Yesca (Suma SF + Apoplejia). El tamaño del punto refleja la fuerza de la correlación. A. Variables seleccionadas por su alta correlación con la incidencia de Yesca según el coeficiente de correlación de Pearson. B. Variables más correlacionadas con la incidencia de Yesca según el coeficiente de correlación ξ .

Durante cuatro años de seguimiento, observamos variaciones anuales en la incidencia de Yesca entre las regiones bioclimáticas y dentro de ellas. Esta variabilidad en la expresión de la enfermedad dentro de una misma variedad de vid sugiere que factores abióticos específicos pueden influir en la incidencia de la enfermedad, como se ha presentado anteriormente³. Por lo tanto, quisimos identificar qué factores podían influir en la incidencia y la gravedad de los síntomas de Yesca expresados por Gamaret. Nuestro análisis de componentes principales (2) mostró una asociación entre la incidencia de Yesca y la SWHC. Para investigar más a fondo esta relación,

realizamos un análisis de regresión lineal en toda la red de viñedos, utilizando los datos de mortalidad recopilados para cada parcela durante un período de 18 años (Figura 2). Este análisis mostró que Chablais, donde todas las parcelas de viñedos estudiadas tenían una SWHC bajo, también tenía la tasa de mortalidad de las plantas más baja (Tabla 1; Figuras 1 y 2), mientras que en la región del lago Lemán, donde las parcelas de viñedos estaban plantadas en suelos con un SWHC medio-alto, la tasa de mortalidad era la más alta. Además, en las regiones de Valais y del lago Neuchâtel, donde las parcelas de viñedos se plantaron en suelos con SWHC heterogéneo, se observaron las tasas de mortalidad más altas en las parcelas plantadas en suelos con el SWHC más alto. Nuestros resultados confirman una asociación entre el SWHC y la mortalidad de las plantas, tanto entre regiones como en su interior, lo que concuerda con estudios recientes⁴⁻⁵. Además, nuestros análisis de correlación (Figura 3) sugieren que la incidencia de la enfermedad está asociada con las precipitaciones, especialmente en junio. Los veranos lluviosos parecen favorecer la expresión de los síntomas de Yesca, especialmente los patrones de precipitaciones de mayo a julio, como ya han sugerido otros autores⁶. El año 2021, el más lluvioso del período de estudio, registró el mayor número de síntomas foliares y episodios apopléjicos en tres de las cuatro regiones vitivinícolas monitorizadas. Tanto 2019 como 2021 se caracterizaron por un mes de mayo especialmente lluvioso y frío, seguido de un verano caluroso en 2019 y un verano caluroso y lluvioso en 2021 (datos no mostrados; véase Monod *et al.*, 2025²). Nuestros resultados contrastan con la idea predominante de que la combinación de altas temperaturas y sequía intensifica el daño a las plantas³. Sin embargo, coinciden con los hallazgos que sugieren que la exposición prolongada a la sequía (como se observa en Valais) no parece alterar la susceptibilidad de un cultivar de uva concreto a la enfermedad de Yesca⁶. Esto puede indicar que el cv. Gamaret es sensible a los síntomas de Yesca cuando se encuentra en suelos con un alto SWHC y se ve menos afectado en climas cálidos y secos. Nuestros hallazgos proporcionan pautas a los viticultores sobre la selección óptima de parcelas para plantar la variedad Gamaret, lo que garantiza una mejor gestión de la incidencia de la Yesca. Recalcamos que nuestras conclusiones se basan en un estudio de cuatro años, con plantas injertadas en un solo portainjerto, y, por lo tanto, son limitadas. ■

- Lelessier I & Fermond C (2004). Étude des terroirs viticoles vaudois (Suisse), Géopédologie. 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
- 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>
- 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
- 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>
- 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
- 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>