

# Une étude de terroirs à Villette (Lavaux, VD)

Markus RIENTH<sup>1</sup>, Frédéric LAMY<sup>1</sup>, Patrick SCHOENENBERGER<sup>1</sup>, Dorothea NOLL<sup>1</sup>, Fabrice LORENZINI<sup>2</sup>, Olivier VIRET<sup>4</sup> et Vivian ZUFFEREY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Haute école de Changins, route de Duillier 60, 1260 Nyon, Suisse

<sup>2</sup> Agroscope, route de Duillier 50, 1260 Nyon, Suisse

<sup>3</sup> Agroscope, avenue Rochettaz 21, 1009 Pully, Suisse

<sup>4</sup> Direction générale de l'agriculture, de la viticulture et des affaires vétérinaires, avenue de Marcelin 29, 1110 Morges, Suisse

Renseignements: Markus Rienth, e-mail: markus.rienth@changins.ch



© Adolphe Stock

## Introduction

Le terme «terroir» décrit une aire géographique dotée de caractéristiques environnementales homogènes, susceptibles de conférer des qualités viticoles typiques identifiées par la mémoire collective et véhiculées de génération en génération sur un territoire marqué par le contexte social et les choix techniques culturels (Tomasi, 2013). Le terroir représente ainsi l'interaction complexe du sol, de la plante et du climat en lien avec l'histoire socio-économique d'une région donnée et le savoir-faire des viticulteurs (van Leeuwen et Seguin, 2006). Bien que de nombreuses études de terroirs aient été menées au cours des dernières décennies, le souhait subsiste toujours de mieux connaître la variabilité

spatiale et temporelle de la composition du raisin et du comportement physiologique de la vigne. La caractérisation des terroirs viticoles et leur spécificité peuvent contribuer à une plus grande appréciation des consommateurs pour les vins des petites régions de production traditionnelles. En effet, ces dernières font face à une pression croissante sur le marché mondial du vin et ne peuvent souvent pas concurrencer la viticulture à grande échelle en raison des coûts de production plus élevés dans des régions difficilement mécanisables.

Diverses études pédologiques ont montré de manière incontestable que le type de sol influence fortement la typicité et la qualité des vins (van Leeuwen et Darriet, 2016). Il s'avère néanmoins difficile de définir un type de sol particulier aux caractéristiques «idéales»

pour la production d'un vin de grande qualité et l'expression du terroir, puisque des vins renommés sont produits sur une grande diversité de sols (van Leeuwen *et al.*, 2018). Une restriction modérée en eau durant la maturation du raisin semble cependant être l'apanage des grands vins de terroir, particulièrement pour les cépages rouges (Choné *et al.*, 2001; Reynard *et al.*, 2011).

Parmi les conditions climatiques, la température semble jouer un rôle déterminant dans la capacité d'acclimatation d'un cépage. La température perçue par la vigne au sein d'une parcelle est cependant modulée par des caractéristiques pédoclimatiques telles que la topographie, l'altitude, l'exposition et donc le rayonnement intercepté. Les études de terroir permettent également d'identifier des sites ou des secteurs au sein d'une région viticole aux propriétés particulières, plus ou moins bien adaptées aux conditions climatiques futures, et d'adapter les pratiques culturales en conséquence.

Observée durant la période de végétation et liée au changement climatique mondial (GIEC, 2018), l'augmentation des températures entraîne une plus grande précocité du développement de la vigne et de la maturation du raisin (Spring *et al.*, 2009). Les effets portent sur une augmentation de la concentration en sucre et des pertes d'acidité dues à une augmentation de la respiration de l'acide malique (Rienth *et al.*, 2014; Rienth *et al.*, 2016). Par conséquent, les vins présentent des niveaux d'alcool et un pH plus élevés, une acidité plus basse et des profils aromatiques modifiés en raison de l'altération du métabolisme secondaire des baies (van Leeuwen et Destrac-Irvine, 2017). Ainsi, le réchauffement climatique pourrait modifier à l'avenir la typicité des vins et l'expression du terroir des régions viticoles traditionnelles. Selon van Leeuwen et Seguin (2006), la maturité optimale du raisin est décisive pour obtenir une expression maximale du terroir: celle-ci est atteinte lorsque la précocité du cépage est adaptée aux conditions climatiques locales de telle manière que la maturité soit obtenue en fin de saison.

Des études de terroir ont été menées dans le vignoble suisse ces dernières années, portant notamment sur ses caractéristiques pédoclimatiques: ces recherches ont révélé la très grande diversité des sols provenant principalement de moraines glaciaires (Zufferey *et al.*, 2004). Une étude récente, menée sur l'ensemble du vignoble vaudois, a permis d'étudier le comportement et le potentiel d'adaptation d'une dizaine de cépages implantés sur près de 130 sites. Ce travail a été réalisé à une échelle relativement grande (surface viticole de 3700 ha) compte tenu de la petite taille du vignoble suisse. Il ressort de cette étude que

## Résumé

Pendant trois saisons consécutives, 22 parcelles de Chasselas L. ont été suivies. Le but de l'étude était de caractériser le terroir d'une région viticole suisse à forte pente en établissant une relation entre la physiologie de la vigne et de la baie et les conditions pédoclimatiques. La région offre un site expérimental unique en raison de l'homogénéité du matériel végétal dans un petit microclimat (140 ha) avec une multiplicité d'expositions et d'altitudes différentes.

Entre les trois années d'étude, la variation de la température moyenne était de 142 degrés-jours de croissance (DJ).

La variabilité spatiale de la température atteignait 395 DJ entre les parcelles les plus extrêmes. Des analyses statistiques des paramètres physiologiques et pédoclimatiques présentaient des regroupements incohérents de parcelles entre les années, sans correspondance avec les entités géologiques. Cela montre que l'effet millésime a eu une plus grande influence que l'effet sol sur la physiologie de la vigne et la qualité des baies. L'altitude s'avère être le facteur principal de précocité dans toutes les années, indépendamment du millésime. L'étude fournit des informations importantes en termes d'adaptation du matériel végétal et de stratégies agronomiques en vue de réchauffement climatique.

les conditions d'alimentation en eau de la vigne, déterminées par la capacité de rétention d'eau des sols et les précipitations, jouent un rôle crucial dans le comportement de la vigne et la qualité des vins, et donc l'expression du terroir (Zufferey, 2007). Ces conclusions rejoignent les observations faites dans d'autres vignobles (van Leeuwen, 2010). L'étude vaudoise a ouvert la voie à une cartographie plus fine des différentes régions viticoles afin de mieux valoriser la grande diversité des terroirs rencontrés en Suisse.

Par ailleurs, la viticulture vaudoise et suisse est régie par le régime des AOC (appellation d'origine contrôlée), qui se décline de manière nuancée d'un canton à l'autre en fonction des réglementations cantonales en vigueur. L'Union européenne (UE), qui avait jusqu'en 2009 des dispositions équivalentes, les protège aujourd'hui avec les indications géographiques AOP et IGP. L'Office fédéral de l'agriculture a exprimé sa volonté





Figure A - Situation

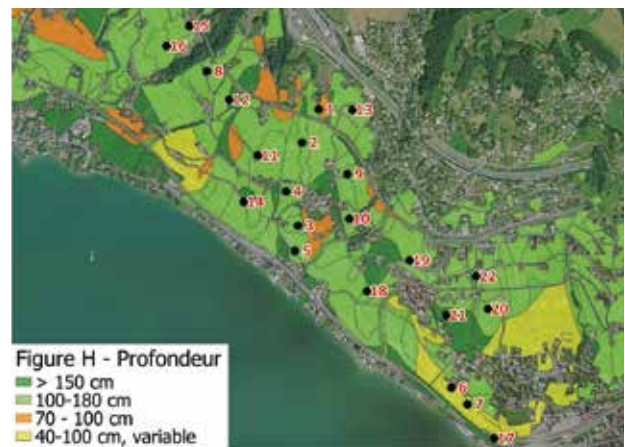
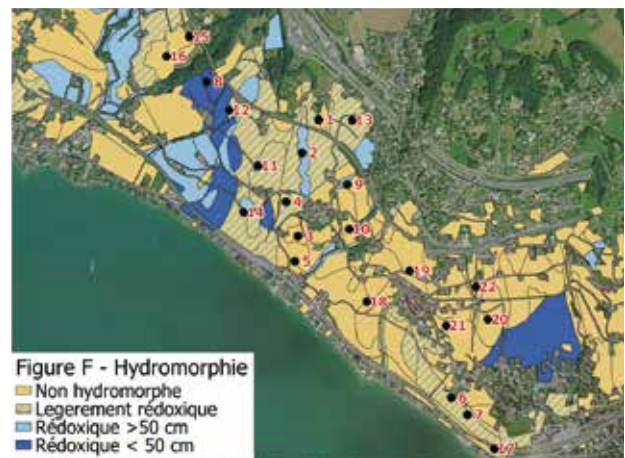
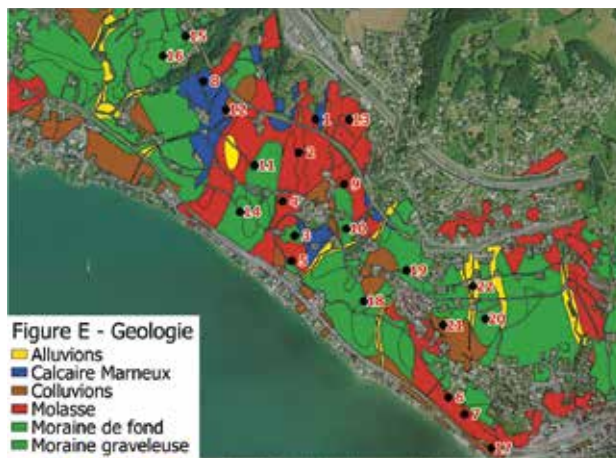
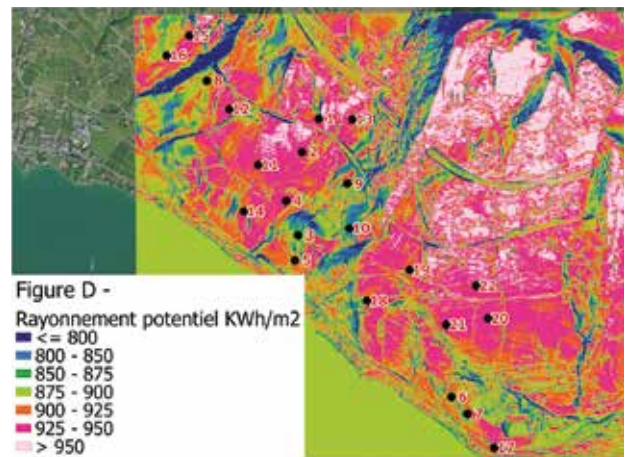
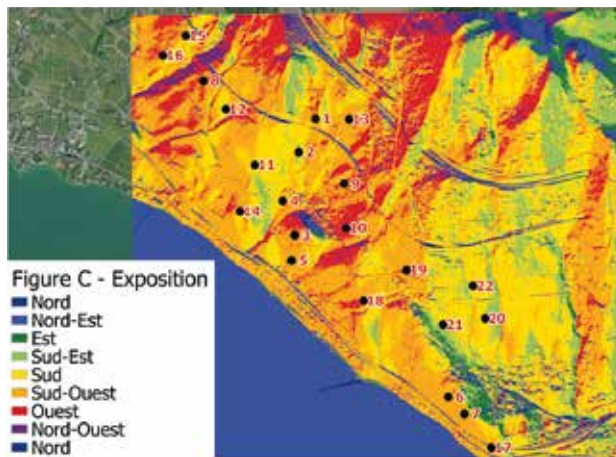
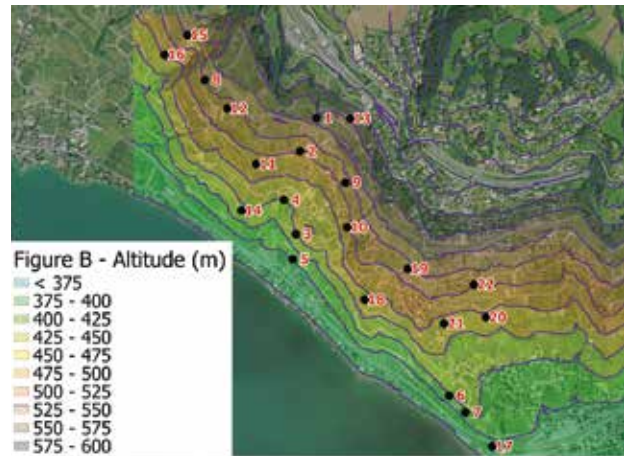


Figure 1 | Localisation géographique de la région (A) et cartes d'altitude (B), d'exposition (C), de la radiation intercepté (D) de la géologie (E), d'hydromorphie (F), de pédologie (G) et de la profondeur des sols (H) de la région étudiée. Villette (VD), Suisse.

d'harmonisation à l'échelle nationale et internationale, impliquant un alignement sur le système des AOP, IGP en vigueur pour d'autres produits agricoles et pour le vin dans les pays de l'UE. Dans cette optique, une méthodologie doit être définie, afin d'obtenir, sur la base des informations historiques, pédoclimatiques et viticoles, une caractérisation des différentes zones du vignoble permettant de distinguer de manière objective les vins issus de ces différents terroirs.

L'objectif de la présente étude était d'élaborer une méthodologie fondée sur l'étude du comportement physiologique de la vigne et de la composition des baies afin d'identifier des zones viticoles homogènes au sein de l'appellation Villette. La méthode de caractérisation des différentes zones du vignoble devrait être extrapolable à l'ensemble du vignoble vaudois. L'étude concourt également à définir les possibilités d'adaptation du Chasselas face à l'évolution climatique, et si besoin à recommander des techniques culturales appropriées.

## Matériel et méthodes

Un réseau de 22 parcelles a été mis en place dans l'appellation Villette (fig. 1A), située à Lavaux (canton de Vaud), couvrant une grande diversité pédoclimatique. L'ensemble des parcelles sélectionnées est planté avec du Chasselas L., greffé sur le porte-greffe 3309C. Les vignes, âgées de 15 à 25 ans, sont conduites en espalier avec la taille Guyot simple.

Sur l'ensemble des parcelles, les stades phénologiques, dont le débourrement (BBCH 09) et la floraison (BBCH 65), ont été notés au cours des trois saisons (2017 à 2019) sur 100 ceps par parcelle.

La composition des baies a été suivie hebdomadairement à partir de la véraison en échantillonnant 300 baies par parcelle. Le poids moyen des baies a été déterminé et les baies ont été pressées pour une analyse ultérieure des solides solubles totaux (SST), du degré Oechsle et des principaux acides organiques (acides tartrique et malique) par FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy). Pour le suivi de la charge de sucre dans les baies, la méthodologie proposée par Deloire (2011) a été utilisée. Pour cela, la teneur en sucre par baie a été calculée en multipliant la concentration de sucre (mg.mL<sup>-1</sup>) dans le jus de raisin par le poids des baies (g). Pour évaluer l'état hydrique de la vigne, la composition isotopique du carbone, dont le rapport <sup>12</sup>C/<sup>13</sup>C, également nommé δ<sup>13</sup>C, a été analysée dans les sucres de moût des baies au dernier prélèvement avant la vendange. En 2018, année caractérisée par un déficit hydrique important, en plus de l'analyse du

δ<sup>13</sup>C, le potentiel hydrique foliaire de midi ( $\psi_{\text{feuille}}$ ) a été mesuré le 16 août entre 14 h et 16 h sur 10 feuilles ombragées par parcelle au moyen d'une chambre à pression Scholander (Scholander *et al.*, 1965).

La surface foliaire exposée (SFE) a été mesurée au stade de la fermeture de la grappe. Le rapport feuille-fruit (SFE par kilo de raisin) a pu être ainsi estimé à la vendange. Le poids des bois de taille a été déterminé en échantillonnant 30 sarments par parcelle (1 par souche) sur l'avant-dernier sarment de la branche à fruits, dont la longueur a été ramenée à 1 mètre: le poids des sarments est exprimé en grammes par mètre linéaire de sarment. La teneur en azote des feuilles a été évaluée par l'indice chlorophyllien (N-tester) sur 30 feuilles par parcelle au stade véraison de chaque année. Des sondes de température Tinytag Talk2-TK-4023 (Gemini Data Loggers, GB) ont été installées dans huit parcelles représentatives en 2017 et sur l'ensemble du réseau en 2018 pour enregistrer les températures moyennes, maximales et minimales quotidiennes durant le cycle végétatif (d'avril à octobre). Les données de précipitations et de température ont été récupérées de la station météorologique du réseau Agrometeo ([www.agrometeo.ch](http://www.agrometeo.ch)) de Bourg-en-Lavaux (BeL), qui correspond à l'emplacement de la parcelle 19. La somme de températures, exprimée en degrés-jours de Winkler (Winkler *et al.*, 1974), a été calculée afin d'étudier l'influence de la température sur le développement de la vigne. Cet indice est basé sur la somme des températures moyennes journalières supérieures à 10°C, du 1<sup>er</sup> avril au 31 octobre.

L'exposition, l'altitude et la pente des parcelles ont été calculées avec QGIS 2.18.14® (précision à 2 m). Le calcul du rayonnement solaire potentiel intercepté entre le 1<sup>er</sup> avril et le 30 septembre (précision 2 m) a été effectué par ArcGIS 10.2 – Solar Analyst® (fig. 3). Les données géologiques et pédologiques ainsi que les caractéristiques d'hydromorphie des sols sont issues de travaux antérieurs réalisés dans le cadre de l'étude des terroirs vaudois (Letessier et Fermond, 2004).

Les analyses statistiques des données ont été effectuées à l'aide du package® FactoMin® et Origin pro 2016®.

## Résultats et discussion

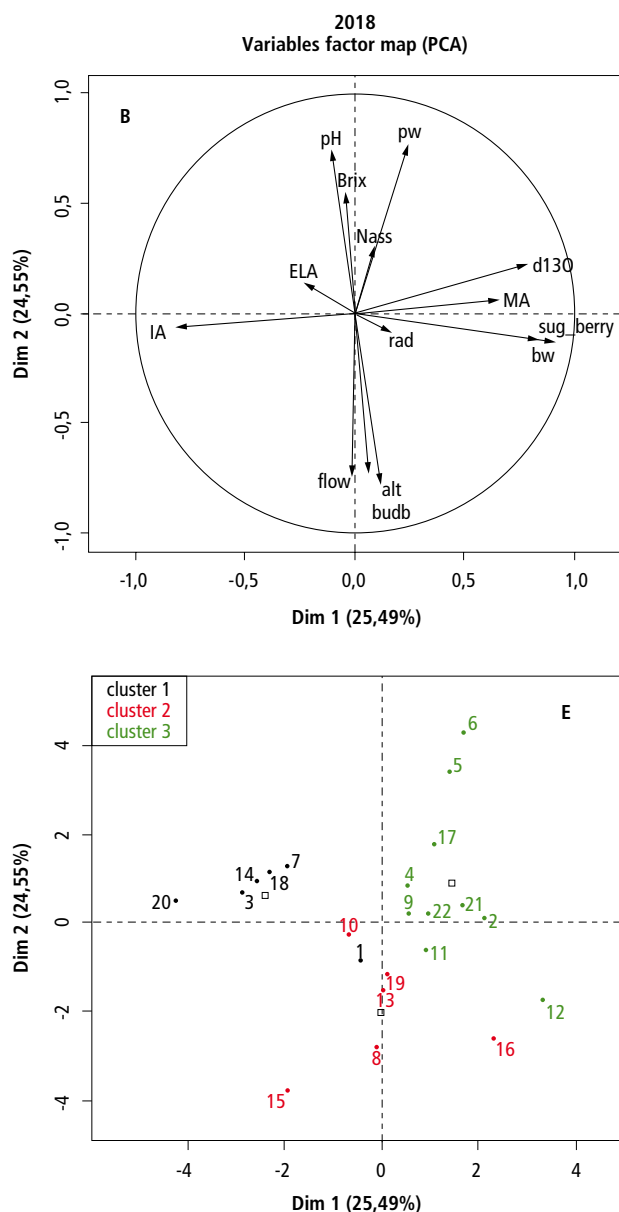
La cartographie des caractéristiques géologiques, pédologiques et climatiques de l'appellation Villette est illustrée par la figure 1. L'altitude des parcelles varie de 375 m pour les sites les plus proches du lac à 575 m pour les sites les plus élevés (fig. 1B). L'analyse géo-pédologique montre que les sites reposent sur des sols



hétérogènes, issus principalement de molasse gréseuse (parcelles 2, 4, 5, 6, 7, 9, 13 et 17) ou marneuse (parcelles 8 et 12), de moraines de fond compactes (parcelles 14, 18 et 20), de moraines peu compactes et caillouteuses (parcelles 11, 15, 16 et 19) et de matériel alluvial (parcelle 22) (fig. 1E). La majorité des parcelles sont implantées sur des sols bien drainés tels que les

moraines peu compactes et caillouteuses, ainsi que les moraines de fond, réputées plus compactes. Les sols de l'appellation sont légèrement calcaires, avec un pH qui se situe autour de 8,0 (à l'exception de la parcelle 15, qui n'est pas calcaire).

L'analyse en composantes principales (ACP; fig. 2B) complétée par un regroupement hiérarchique (fig. 2E) montre un regroupement (association) des parcelles. Lorsque l'on compare ces regroupements sur plusieurs millésimes (Rienth *et al.*, 2020), on voit que les regroupements diffèrent entre 2017, 2018 et 2019. Le comportement des sites et leur regroupement ne correspondent cependant pas à des entités géo-pédologiques prédéfinies. En 2018, la disparité (dissemblance) entre les parcelles était la plus faible et trois groupes pouvaient être constitués; en 2017 et 2019, par contre, une dizaine de groupes (entités) se sont avérés nécessaires. Le regroupement de parcelles, différent d'une année à l'autre, démontre que les conditions climatiques du millésime ont prévalu sur les caractéristiques géo-pédologiques dans notre étude. Ces observations confirment les résultats obtenus dans divers terroirs en Bourgogne (Roullier-Gall *et al.*, 2014) à Bordeaux (Pereira *et al.*, 2006) ou en Italie (Mazzei *et al.*, 2019).



**Figure 2** | Analyse en composantes principales des paramètres évalués en 2017 (A), 2018 (B), 2019 (C) et regroupement hiérarchique correspondant de 2017 (D), 2018 (E) et 2019 (F). Les paramètres relatifs aux baies ont été pris à partir de la dernière date d'échantillonnage. (sug\_berry: quantité de sucre par baie, Nass: azote assimilable, pw: poids de taille, budb: débournement, flow: floraison, alt: altitude, rad: rayonnement intercepté, TA: concentration d'acide tartrique, MA: concentration d'acide malique, ELA: surface foliaire exposée par kilo de rendement. Chasselas, Villette (VD), Suisse, 2017–2019

### Températures et développement de la vigne

Pour la comparaison des millésimes, les données climatiques de la station météorologique de BeL ont été utilisées et sont résumées dans la figure 3. La température moyenne annuelle de 2017 s'est élevée à 11,1°C, à 11,9°C en 2018 et à 12,0°C en 2019. Les températures moyennes, minimales et maximales durant la période de végétation (d'avril à octobre) de l'ensemble des sites sont illustrées dans la figure 4. En 2017 et 2019, la température moyenne de la période végétative a atteint 16,4°C. De telles températures correspondent à des régions viticoles moyennement chaudes (15–17°C) selon la classification de Jones (2006), et sont bien adaptées pour les variétés à maturation précoce à moyenne comme le Chasselas, le Pinot noir, le Chardonnay ou le Riesling. En 2018, la température moyenne durant la période de végétation a été considérablement plus élevée, avec 17,5°C. Une telle température est caractéristique pour des régions viticoles inventoriées comme «chaudes», où des variétés aux exigences thermiques plus élevées (comme le Merlot, le Cabernet Sauvignon ou la Syrah) y sont cultivées et recommandées avec un bon niveau de maturité (Jones *et al.*, 2005).

L'indice Winkler (degrés-jours, DJ) de l'ensemble des parcelles, calculé d'avril à octobre, a atteint en moyenne des trois années d'étude 1527 DJ  $\pm$  75, avec 1514 DJ en 2017, 1640 DJ en 2018 et 1427 DJ en 2019: la

variabilité moyenne entre les années s'est élevée à  $142 \pm 47$  DJ. La période de végétation en 2018 a été clairement plus chaude que celle des millésimes 2017 et 2019. Le Chasselas, considéré comme un cépage de première époque, est bien adapté aux conditions tempérées, avec des températures comprises entre 13 et 15°C durant la période végétative selon la classification proposée par Jones (2006). Selon van Leeuwen *et al.* (2008), le cépage Chasselas présenterait des exigences thermiques proches de 1200 DJ pour atteindre un bon niveau de maturité. De tels seuils de température, fréquents dans les années 60 à 80 autour du bassin lémanique, ont été depuis lors largement dépassés en raison du réchauffement climatique.

Dans les régions viticoles du canton de Vaud, la température moyenne d'avril à octobre a augmenté d'environ 1,5°C de 1958 à 2008 (Bloesch *et al.*, 2008). Des observations analogues ont été faites dans toutes les régions viticoles du monde (Jones, 2006). La température est un facteur déterminant du développement de la vigne et le réchauffement climatique a déjà entraîné une accélération de la maturation des raisins de Chasselas dans le bassin lémanique, avec une avance de récolte d'environ dix jours au cours des quatre-vingts dernières années (Spring *et al.*, 2009). Les millésimes 2017 et 2019 sont représentatifs à ce titre des conditions de température observées au cours de ces deux dernières décennies à Lavaux. Le millésime 2018 par contre, caractérisé par un été très chaud et de faibles précipitations, présage peut-être des conditions et des scénarios futurs de l'évolution climatique. Le réchauffement climatique et ses conséquences sur la précocité

et la maturation des cépages représente un défi pour préserver la typicité et la qualité des vins. Le comportement et l'adaptation du cépage Chasselas dans les conditions du bassin lémanique fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des viticulteurs et des instituts de recherche (Zufferey *et al.*, 2019). Le choix de pratiques culturales (rapport feuille-fruit, entretien des sols, choix du porte-greffe, date de vendange, etc.) adaptées à l'évolution climatique s'avère déterminant pour garantir une viticulture économiquement viable et de grande qualité (van Leeuwen et Destrac-Irvine, 2017).

Les relevés de température, effectués sur l'ensemble du réseau de parcelles (tab. 1), mettent en évidence la grande variabilité spatiale de la température malgré la très petite taille de la région étudiée. Les différences de température moyennes mensuelles entre des parcelles extrêmes étaient en moyenne de  $2^{\circ}\text{C} \pm 0,45$  et  $395 \text{ DJ} \pm 88$ , ce qui correspond à un intervalle de plus de deux classes de Winkler (Winkler *et al.*, 1974). Les conséquences sur le développement de la vigne et la maturation du raisin peuvent ainsi être très différentes sur une faible distance. Les caractéristiques du raisin et ses effets sur la typicité et l'expression des terroirs s'en trouvent modifiées. Une variabilité spatiale aussi élevée a été observée dans d'autres régions viticoles, par exemple dans les appellations bordelaises Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites, avec des variations spatiales de l'ordre de 320 DJ de l'indice Winkler (de Rességuier *et al.*, 2020). Cette dernière étude, cependant, comprend une surface viticole de 19233 ha et est donc considérablement plus grande que la zone

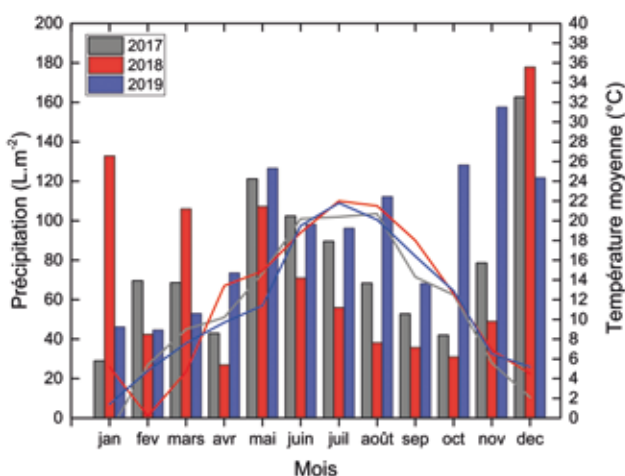


Figure 3 | Diagramme climatique des températures moyennes mensuelles et des précipitations de la station météo de Bourg-en-Lavaux (VD), Suisse.

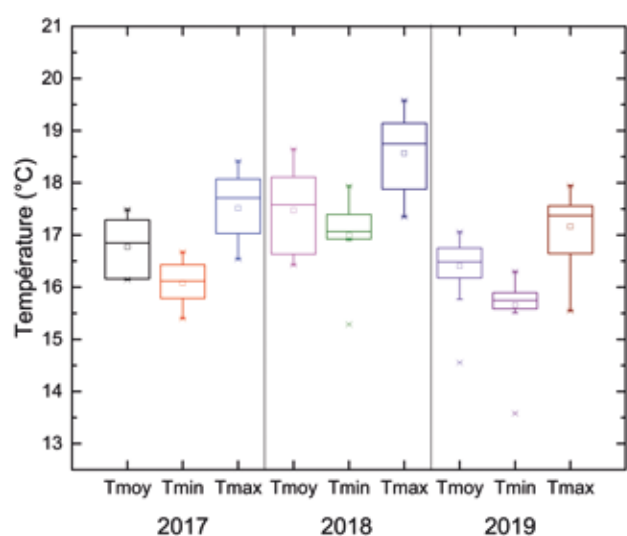


Figure 4 | Température moyenne, minimale et maximale de l'ensemble des parcelles de l'étude en 2017, 2018 et 2019. Bourg-en-Lavaux (VD), Suisse.

Villette (environ 140 ha). L'altitude mais aussi l'exposition des parcelles contribuent à cette importante variabilité de température mesurée entre les sites. Ces résultats mettent en évidence que les facteurs micro- et méso-climatiques jouent un rôle important dans le comportement de la vigne et le potentiel de maturation du raisin. La caractérisation précise de la variabilité spatiale élevée des températures au sein d'une région représente également une connaissance très précieuse pour l'adaptation de stratégies agronomiques et du matériel végétal en vue du réchauffement climatique.

Cette variabilité de température a par conséquent impacté la phénologie des différentes parcelles. Le débourrement (BBC 09) a eu lieu en moyenne des années et des sites au 11 avril et la floraison (BBCH 65) au 12 juin. Le débourrement moyen a été le plus précoce en 2017, noté au 3 avril, suivi de 2019 (le 12 avril) et, fait intéressant, le plus tardif en 2018, au 18 avril, en raison des températures plus fraîches enregistrées au début du printemps 2018. La hausse des températures printa-

nières a permis de combler le retard du développement de la vigne en 2018. La floraison a été atteinte le 8 juin en 2017, le 5 juin en 2018 et le 24 juin en 2019. Au centre viticole d'Agroscope à Pully, les observations de longue durée menées sur la phénologie du Chasselas (période de 1925 à 2008) montrent que le réchauffement récent de ces 30 dernières années ne s'est pas accompagné d'une avance marquée de la période de débourrement (Spring *et al.*, 2009). Sur le site de Changins (La Côte), par contre, la date de débourrement a lieu le 23 avril en moyenne sur la période allant de 1958 à 2008, et celle de la floraison le 25 juin (Bloesch *et al.*, 2009). Ces observations mettent en évidence l'effet du réchauffement climatique récent (fig. 5).

La période du débourrement s'est étalée en moyenne des sites et des années sur 8,6 jours entre les parcelles les plus précoces et les plus tardives, et de 5,3 jours pour la floraison. Les écarts de débourrement entre les sites précoces et tardifs ont été particulièrement élevés en 2019, atteignant 12 jours, et 6 jours au

**Tableau 1 |** Températures moyennes annuelles (Tmoy), minimales (Tmin) et maximales (Tmax) et degrés-jours (DJ) en 2017, 2018 et 2019 de l'ensemble des parcelles. Données extraites de la station météorologique de Bourg-en-Lavaux (VD), parcelle 19, d'avril à octobre.

Plot Numéro de parcelle	Altitude	Exposition	2017				2018				2019			
			Tmoy	Tmin	Tmax	DJ	Tmoy	Tmin	Tmax	DJ	Tmoy	Tmin	Tmax	DJ
1	560	Sud-Ouest	16,4	15,6	17,3	1424	16,6	15,9	17,5	1480	16,3	15,5	17,2	1408
2	500	Sud	16,2	15,8	16,5	1379	16,5	15,6	17,3	1426	15,8	15,0	16,6	1307
3	450	Sud-Ouest	17,3	16,5	18,2	1604	17,5	17,4	18,8	1670	16,6	15,8	17,4	1463
4	450	Sud-Ouest	16,8	16,1	17,7	1511	18,6	17,1	18,0	1887	16,6	15,9	17,5	1468
5	400	Sud-Ouest	17,5	16,7	18,4	1642	16,4	17,9	19,6	1415	16,2	15,7	16,6	1366
6	420	Sud-Ouest	17,4	16,4	18,1	1624	18,3	17,6	19,2	1814	17,1	16,3	17,9	1552
7	410	Sud-Ouest	17,1	16,4	17,8	1554	17,3	16,9	17,7	1606	16,4	16,0	17,4	1439
8	530	Sud-Ouest					17,4	16,9	17,8	1618	17,1	15,5	16,4	1513
9	520	Sud-Ouest					16,4	17,2	19,0	1415	16,1	15,6	16,5	1359
10	490	Ouest					17,9	17,2	18,8	1733	16,6	15,9	17,5	1470
11	490	Sud					18,1	17,1	19,3	1770	16,7	15,9	17,7	1498
12	520	Sud-Ouest					17,8	17,0	18,7	1710	16,4	15,5	17,4	1421
13	580	Sud-Ouest					16,6	16,9	18,5	1520	16,3	15,6	17,1	1413
14	440	Sud					16,4	17,5	19,1	1415	16,2	15,7	16,7	1369
15	520	Sud-Ouest					18,0	17,1	18,9	1744	16,4	15,6	17,3	1425
16	470	Sud-Ouest					17,8	17,0	18,7	1703	16,5	15,8	17,5	1458
17	390	Sud-Ouest					16,7	15,3	17,9	1463	14,6	13,6	15,5	1100
18	470	Sud-Ouest					18,3	17,5	19,2	1805	16,8	16,0	17,8	1510
19	510	Sud-Ouest	16,2	15,8	16,5	1379	17,3	16,9	17,7	1606	16,0	15,6	16,4	1349
20	470	Sud					18,1	17,4	19,0	1772	16,8	16,0	17,7	1505
21	470	Sud					18,5	17,5	19,5	1849	16,9	16,1	17,9	1527
22	500	Sud					17,6	17,1	18,3	1670	16,7	15,9	17,6	1482
Moyenne	477		16,4	15,9	16,9	1515	17,5	17,0	18,6	1640	16,4	15,7	17,2	1427

stade de la floraison. Il est intéressant de noter que la variabilité spatiale de la phénologie était la plus faible en 2018, lorsque le débourrement s’est produit de manière plus homogène, les différences étant réduites à seulement 4 jours. La variabilité de la date de floraison entre les parcelles les plus précoces et les tardives a été considérablement réduite par rapport au débourrement, avec 6 jours en 2019 et 2017 et seulement 4 jours en 2018 (fig. 5). La réduction de la période de floraison a également été observée dans d’autres études (de Resseguier *et al.*, 2020).

Comme indiqué précédemment, le facteur majeur du débourrement et de la floraison a été l’altitude (fig. 2): en effet, les parcelles les plus élevées, telles que les sites 1, 8, 13,15 et 16, ont été constamment les plus tardives durant la période d’étude. Un comportement identique à celui du débourrement a été constaté à la floraison dans la majorité des parcelles (fig. 5C). Dans l’ensemble, ces observations indiquent que, durant les millésimes chauds et secs (certainement plus fréquents à l’avenir), les principaux stades de la phénologie de la vigne ainsi que la maturation du raisin devraient se dérouler de manière plus homogène. Cette évolution pourrait à l’avenir atténuer quelque peu les disparités de la phénologie entre les terroirs, enregistrées sur une petite échelle. Cette observation met en évidence que, dans les scénarios climatiques futurs, une adaptation des classifications (ou groupement) de zones traditionnelles du terroir pourrait s’avérer possible.

Selon plusieurs études et observations empiriques, la période optimale de récolte dans les régions viticoles traditionnelles de l’hémisphère Nord, de grande qualité, où l’expression du terroir est considérée comme maximale, se situe entre le 10 septembre et le 10 octobre (van Leeuwen et Seguin, 2006). Malgré le réchauffement climatique et la précocité de la phénologie, le dernier prélèvement de raisin pour les analyses de la composition des baies a été effectué le 20 septembre en 2017, le 19 septembre en 2018 et le 30 septembre en 2019, quelques jours avant le début des vendanges. Selon les conditions climatiques et la précocité du millésime, la période de vendange du Chasselas dans l’appellation Lavaux se déroule entre la mi-septembre et la fin d’octobre. Les conditions météorologiques de la période de fin de maturation et l’état sanitaire des raisins déterminent largement la période de vendange. Une étude menée sur l’influence de la date de vendange et la qualité des raisins et des vins de Chasselas en Dézaley (AOC Lavaux, Vaud) a tenté de démontrer l’influence des conditions météorologiques entre deux dates de vendanges lors d’un même

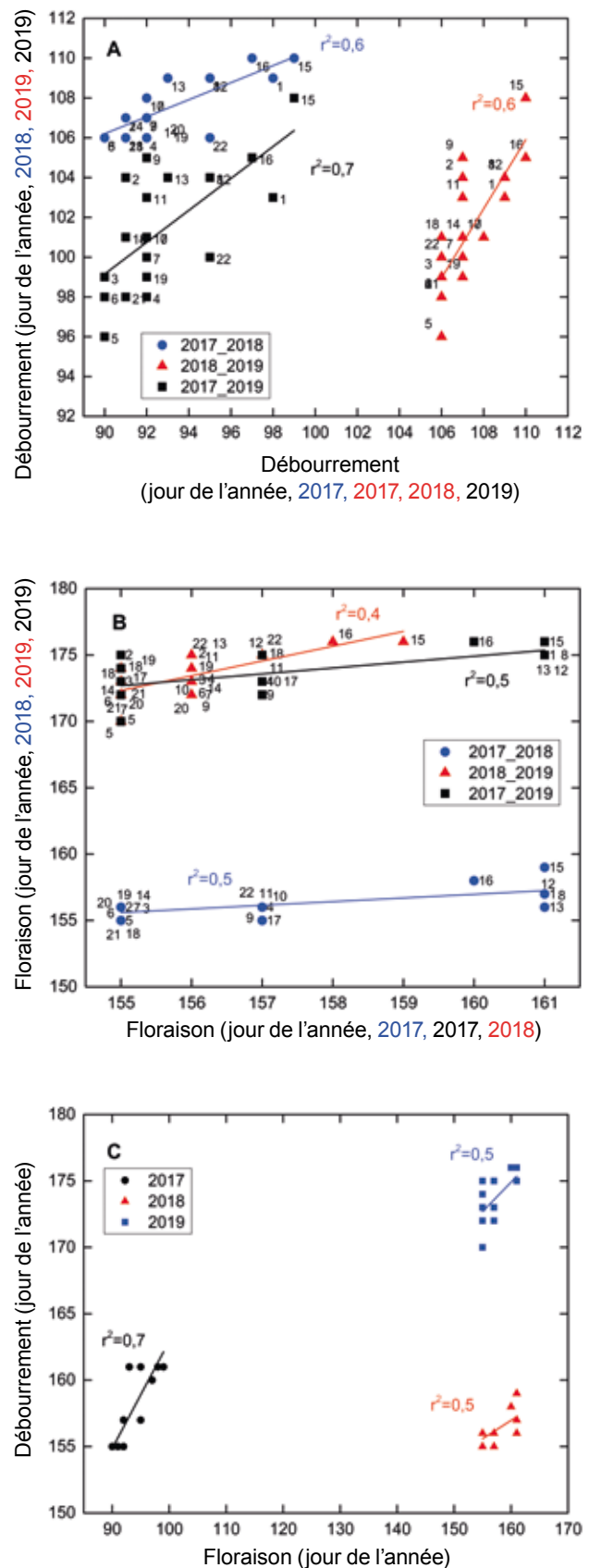


Figure 5 | Corrélations entre la date de débourrement (A, en jours Julien) et les dates de floraison (B) de toutes les parcelles entre les années et entre le débourrement et la floraison (C).



millésime (Zufferey *et al.*, 2019). Une vendange plus tardive a permis d'obtenir des vins de Chasselas plus riches en couleur et en volume, moyennant une perte de rendement minime (environ 5%) lors d'un millésime chaud et sec par rapport à une vendange plus précoce effectuée une dizaine de jours plutôt. Le réchauffement climatique et l'incertitude liée à la quantité et la répartition des précipitations à l'avenir constituent des facteurs clés dans les possibilités d'adaptation des cépages et du Chasselas en particu-

lier dans le vignoble suisse. Les terroirs et les sites offrant un développement de la vigne un peu plus tardif, dû à l'exposition ou à une altitude plus élevée par exemple, pourrait être favorables à la production de raisins conservant une certaine acidité et de vins moins riches en alcool. Par ailleurs, les caractéristiques pédoclimatiques telles que la disponibilité en eau du sol et les précipitations sont déterminantes dans l'expression et les spécificités d'un terroir viticole (van Leeuwen et Seguin, 2006).

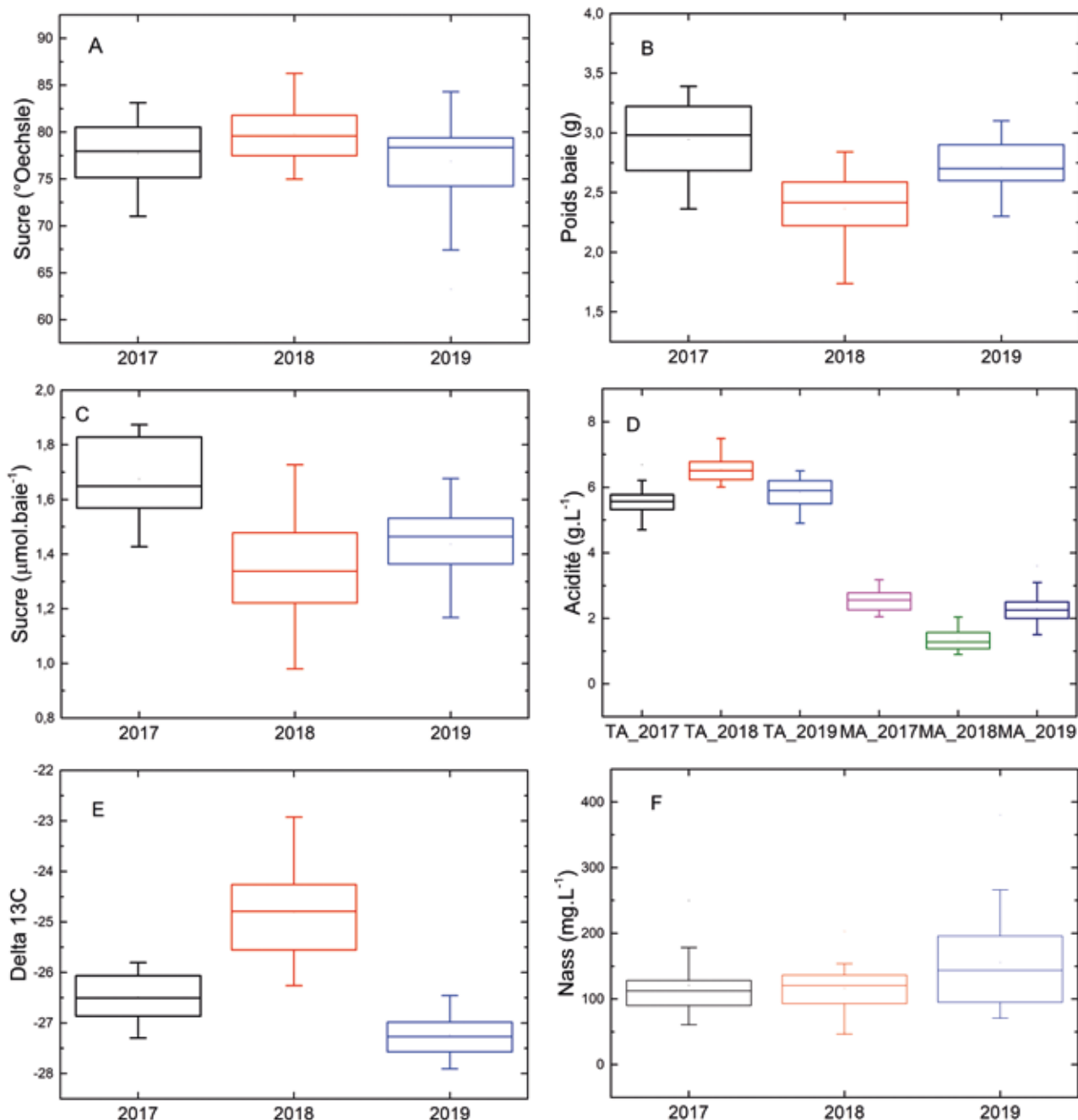


Figure 6 | Poids et composition des baies (°Oechsle, sucre par baie, acidité totale, la composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}C$ ), azote assimilable (Nass)) de l'ensemble des parcelles sur la période d'étude (2017–2019). Chasselas, Villette (VD), Suisse.

### Précipitations, régime hydrique et maturation du raisin

Les précipitations annuelles ont été très proches en 2017 et 2019, avec 928 et 1020 l.m<sup>-2</sup>. Cependant, la pluviométrie au cours de la période d'avril à octobre a été plus faible en 2017, avec seulement 510 l.m<sup>-2</sup>, par rapport à 2019, avec 703 l.m<sup>-2</sup> (fig. 3). Les précipitations en 2018 ont été nettement inférieures à celles de 2017 et 2019, avec seulement 366 l.m<sup>-2</sup> d'avril à octobre. La majorité des régions viticoles ont des précipitations annuelles comprises entre 300 et 1000 l.m<sup>-2</sup> par an (van Leeuwen, 2010). Les précipitations enregistrées en 2017 et 2019 peuvent être considérées comme représentatives de la région de Lavaux. Avec seulement 50% des précipitations de 2019 et 70% de 2017 durant la saison, l'année 2018 a été remarquablement sèche pour la région et des symptômes de stress hydrique tels que l'arrêt précoce de la croissance des rameaux suivi d'un jaunissement des feuilles ont pu être observés dès juin 2018 sur certains sites.

L'analyse de la composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}C$ ) dans les sucres de raisins (fig. 6E) montre qu'aucun déficit hydrique ( $\delta^{13}C < -26$ ) n'a été observé en 2017 et 2019 sur l'ensemble des sites et que le déficit hydrique était faible (de -24,5 à -26) à modéré (de -24,5 à -23) en 2018 (Rienth et Scholasch, 2019; Scholasch et Rienth, 2019). En 2018, le régime hydrique de la vigne a été directement évalué par des mesures  $\psi_{\text{feuille}}$  en complément de l'analyse  $\delta^{13}C$ , sur un nombre restreint de parcelles. Celles-ci ont été choisies par évaluation visuelle et ont été sélectionnées lorsque les feuilles adultes présentaient des symptômes de stress hydrique (jaunissement des feuilles). Comme l'illustre la figure 7 (C, D et E), dans les parcelles présentant des symptômes caractéristiques de stress hydrique, le  $\psi_{\text{feuille}}$  a atteint des valeurs avoisinant -1,5 MPa, ce qui correspond à un stress hydrique sévère. Cependant, la majorité des parcelles évaluées se situaient dans une plage de contrainte hydrique modérée, entre -1,1 et -1,3 MPa (Rienth et Scholasch, 2019; van Leeuwen *et al.*, 2009; Zufferey, 2007). Il est bien connu que le déficit hydrique peut entraîner une réduction de la taille des baies en fonction de leur gravité et du moment de son apparition au cours du développement des baies (Ojeda *et al.*, 2001). En 2018, la réduction de la taille des baies était corrélée à une diminution de  $\psi_{\text{feuille}}$  lorsque les valeurs atteignaient < -1,3 MPa, tandis que le déficit hydrique plus faible n'a pas eu d'incidence sur la taille finale des baies (fig. 6C).

### Composition du raisin

La composition du raisin prélevé quelques jours avant les vendanges est illustrée à la figure 6 A–E. La concen-

tration en sucre a été relativement proche en moyenne des trois années d'étude (fig. 6). Néanmoins, la teneur en sucre des raisins a été plus élevée en 2018 en comparaison des millésimes 2017 et 2019. Les températures plus chaudes enregistrées durant la maturation en 2018 ont vraisemblablement favorisé l'accumulation des sucres et leur concentration, induite par la réduction du volume des baies et la plus faible disponibilité en eau, comme observé dans d'autres études (Ojeda *et al.*, 2002; Rienth *et al.*, 2014; Scholasch et Rienth, 2019; van Leeuwen *et al.*, 2009).

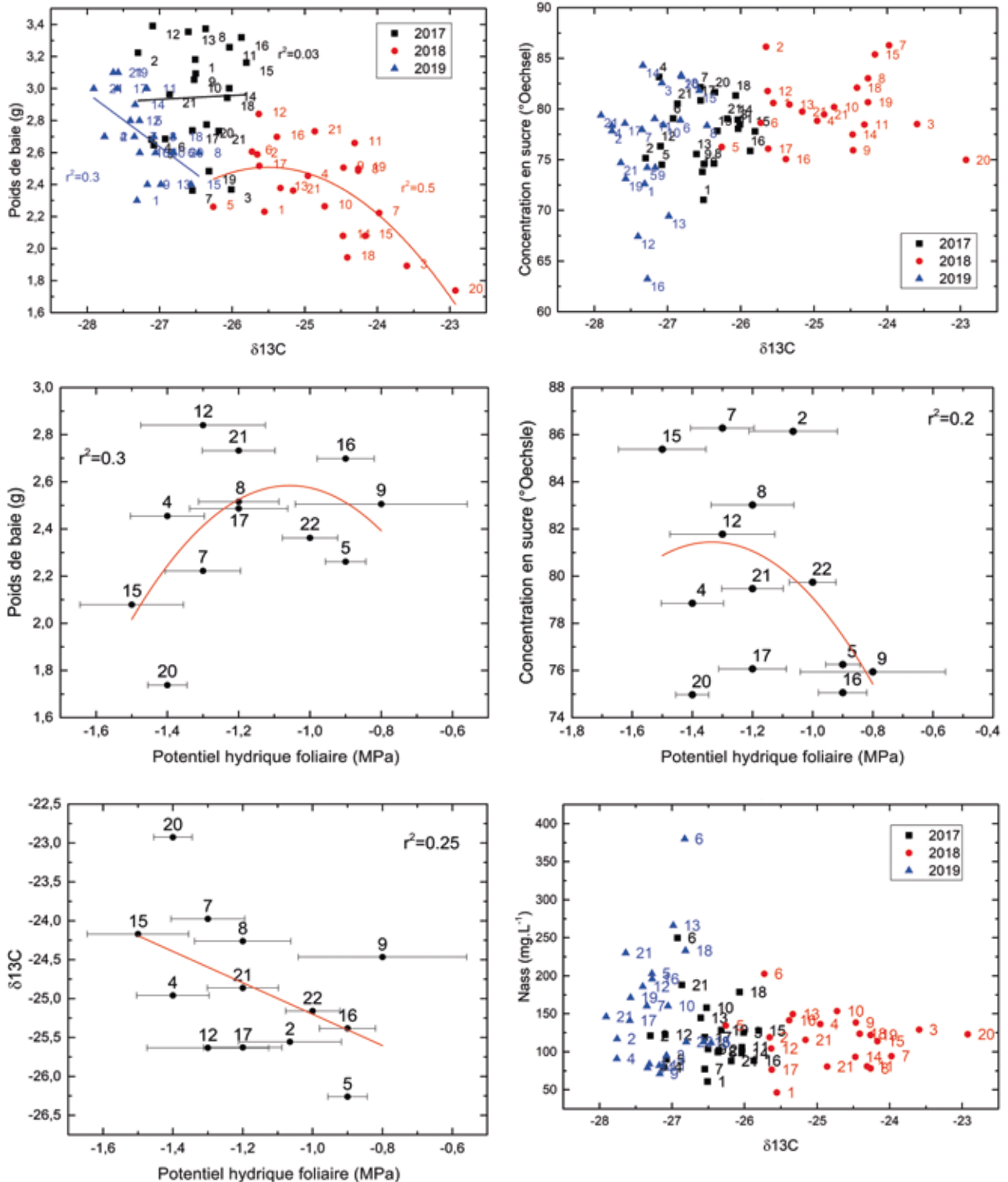
En 2017, le poids unitaire des baies a été significativement plus important qu'en 2018 et 2019. Ce phénomène pourrait être expliqué par des températures élevées au cours du mois de juin 2017 après la nouaison (fig. 3, tab. 1): à cette période, les baies vertes sont dans leur premier stade de croissance herbacée et l'augmentation rapide du volume des baies se produit par expansion et multiplication cellulaire, qui sont deux processus directement accélérés par la température (Keller, 2010). Par ailleurs, le millésime 2017 a été caractérisé par une température plus fraîche en septembre, qui a prolongé la phase de maturation et donc retardé l'arrêt du déchargement du phloème dans les baies.

La relation établie entre le régime hydrique de la vigne, estimé par le potentiel hydrique foliaire ( $\psi_{\text{feuille}}$ ) et la teneur en sucre des raisins ( $^{\circ}Oechsle$ , fig. 7D), montre qu'un déficit hydrique modéré à fort (-1,1 à -1,3 MPa) a globalement favorisé la concentration en sucre des baies, alors qu'un déficit hydrique sévère a diminué leur teneur. Lorsque le déficit hydrique est devenu sévère (-1,3 MPa), l'accumulation de sucre a été en effet entravée, comme ce fut le cas sur les parcelles 4 et 15. La relation caractéristique en forme de «cloche» qui relie l'alimentation en eau de la vigne et la teneur en sucre des baies a été démontrée dans de nombreuses études et sur divers cépages (van Leeuwen *et al.*, 2009; Zufferey *et al.*, 2017, 2018). Une exception a néanmoins été relevée sur le site 8, qui a présenté une teneur un peu plus faible en sucre, alors que la contrainte hydrique a été modérée lors de la mesure. Les caractéristiques du sol (plutôt hydromorphes sur cette parcelle), les conditions atmosphériques, notamment le déficit de pression de vapeur de l'air (VPD) lors de la mesure, ainsi que les conditions de culture (rapport feuille-fruit), pourraient être la cause d'un tel comportement.

Une grande attention a toujours été portée sur la concentration en sucres solubles des raisins, exprimée soit en densité, en degrés  $^{\circ}Oechsle$ , en degrés Baume ou en Brix par exemple. Cependant, la teneur ou la concentration en sucre des baies ne permet pas d'esti-

mer le déchargement des sucres dans les baies (déchargement phloémien). La quantité de sucres par baie est un paramètre intéressant à considérer afin d'évaluer la maturité «physiologique» des baies où l'importation

des sucres cesse vers la fin de la maturation (Deloire, 2011). Dans notre étude, la quantité de sucres par baie a été calculée et un regroupement des parcelles a été effectué en fonction de leur comportement vis-à-vis



**Figure 7** | Relation entre la composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}C$ ) et le poids des baies (A), la teneur en sucre (TSS, B) et l'azote assimilable des raisins (D) pour toutes les parcelles et millésimes. Relation entre le potentiel hydrique des feuilles et le poids des baies (C), la composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}C$ ) et la teneur en sucre (TSS, F) en 2018. Chasselas, Villette (VD), Suisse.



du processus d'accumulation des sucres. La figure 8 montre à cet effet que l'accumulation des sucres dans certains sites n'a pas cessé vers la fin de la maturation lors du millésime 2017. La figure 8C illustre par contre l'arrêt du déchargement en sucres sur quelques sites. L'analyse de l'accumulation des sucres dans les baies en cours de maturation pourrait constituer un outil précieux pour caractériser la précocité des parcelles viticoles dans un contexte de réchauffement climatique et d'adaptation des pratiques culturales et du choix du matériel végétal.

Les différences de concentration d'acide tartrique (AT) des raisins entre les millésimes ont été moins marquées que celles de l'acide malique (AM) (6C) durant la période d'étude. La dégradation de l'AM après la véraison (Rienth *et al.*, 2016) a été vraisemblablement causée par la température très élevée observée durant la saison 2018. Généralement, les conditions climatiques durant la période post-véraison ont eu un effet moins marqué sur la teneur en AT des raisins, qui n'est plus métabolisé durant la maturation (Rösti *et al.*, 2018). L'AT est moins dépendant de la température que des effets de concentration et/ou de dilution induits par des variations du volume des baies. En 2018, la teneur en AT a été plus élevée que les autres années en raison d'un poids plus faible des baies. La variation de la teneur en AT a atteint 36% entre les parcelles extrêmes en 2017, 23% en 2018 et 27% en 2019. La variation de l'AM a été beaucoup plus importante que celle de l'AT entre les sites, avec des taux atteignant 45%, 85% et 90% respectivement de 2017 à 2019.

La corrélation de différents composants de baies était globalement plutôt faible entre les parcelles, comme l'illustre les degrés Oechsle de différents millésimes dans la figure 9A–C.

Fait intéressant, lorsque l'on considère le rapport AM/AT en tant que paramètre indépendant du volume des baies, la corrélation était plus élevée. Cela peut à nouveau être attribué à sa non-métabolisation. Il est intéressant de noter que la dégradation de l'AM était relativement constante entre les parcelles dans les différents millésimes (fig. 9D–F). Les parcelles présentant systématiquement un rapport AM/AT élevé sont potentiellement mieux adaptées aux conditions climatiques futures, comme les parcelles à haute altitude ou avec une exposition au soleil moins bonne. D'un autre côté, les parcelles présentant systématiquement de faibles ratios AM/AT pourraient nécessiter une adaptation des stratégies agronomiques, des porte-greffes et/ou des adaptations variétales.

La teneur en azote assimilable des raisins a été relativement basse (souvent inférieure à 120 mg N/L) en

moyenne des années et des sites (fig. 6). De grandes variations ont cependant été observées entre les sites, particulièrement en 2019, un peu moins en 2017 et 2018. Aucune corrélation n'a pu être établie entre

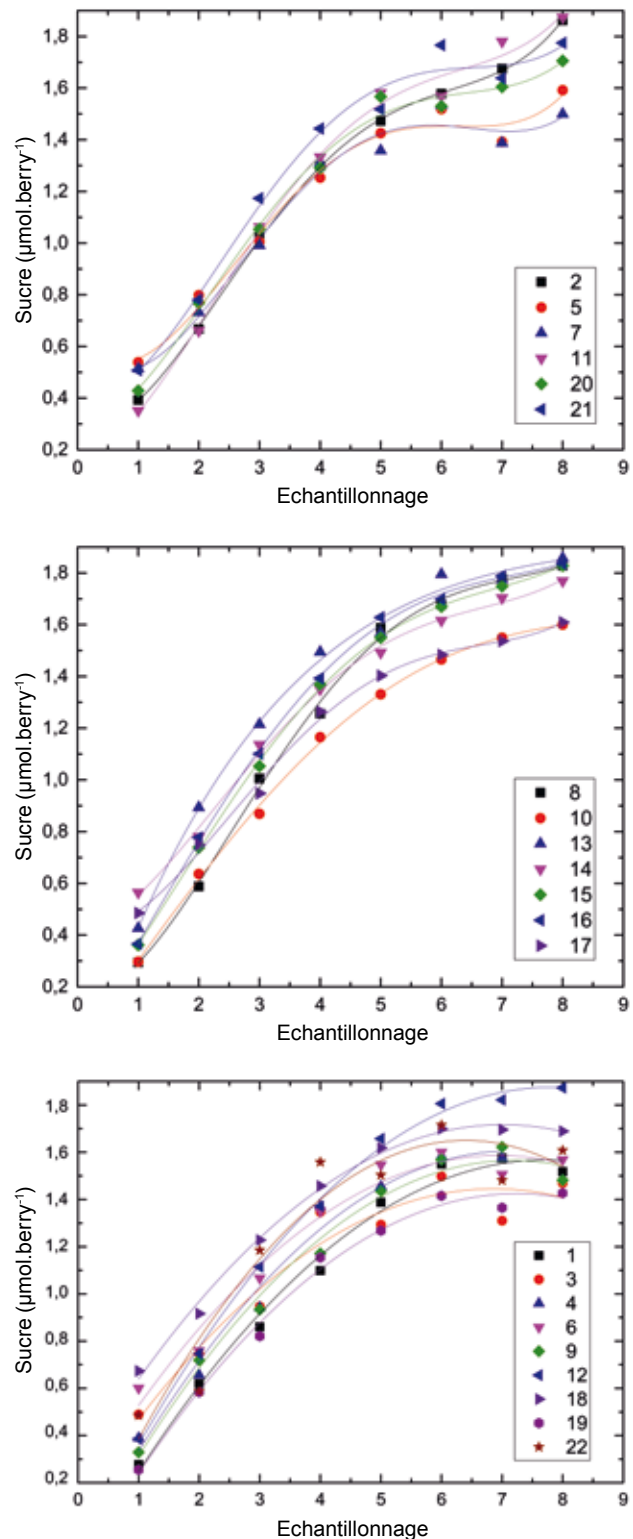


Figure 8 | Exemple d'évolution de la concentration et de la quantité de sucre de toutes les parcelles en 2017.

l'alimentation en eau de la vigne, estimée par la composition isotopique du carbone ( $\delta C13$ ), et la concentration en azote des raisins (fig. 7D) durant la période d'étude. Certains travaux (Reynard *et al.*, 2012) ont néanmoins démontré que les terroirs à faible RU et les conditions estivales chaudes et sèches pouvaient provoquer une réduction du prélèvement et de l'assimila-

tion de l'azote entraînant des teneurs plus faibles dans les moûts à la vendange.

## Conclusions

L'étude visait à caractériser le comportement physiologique et viticole de parcelles de Chasselas au sein

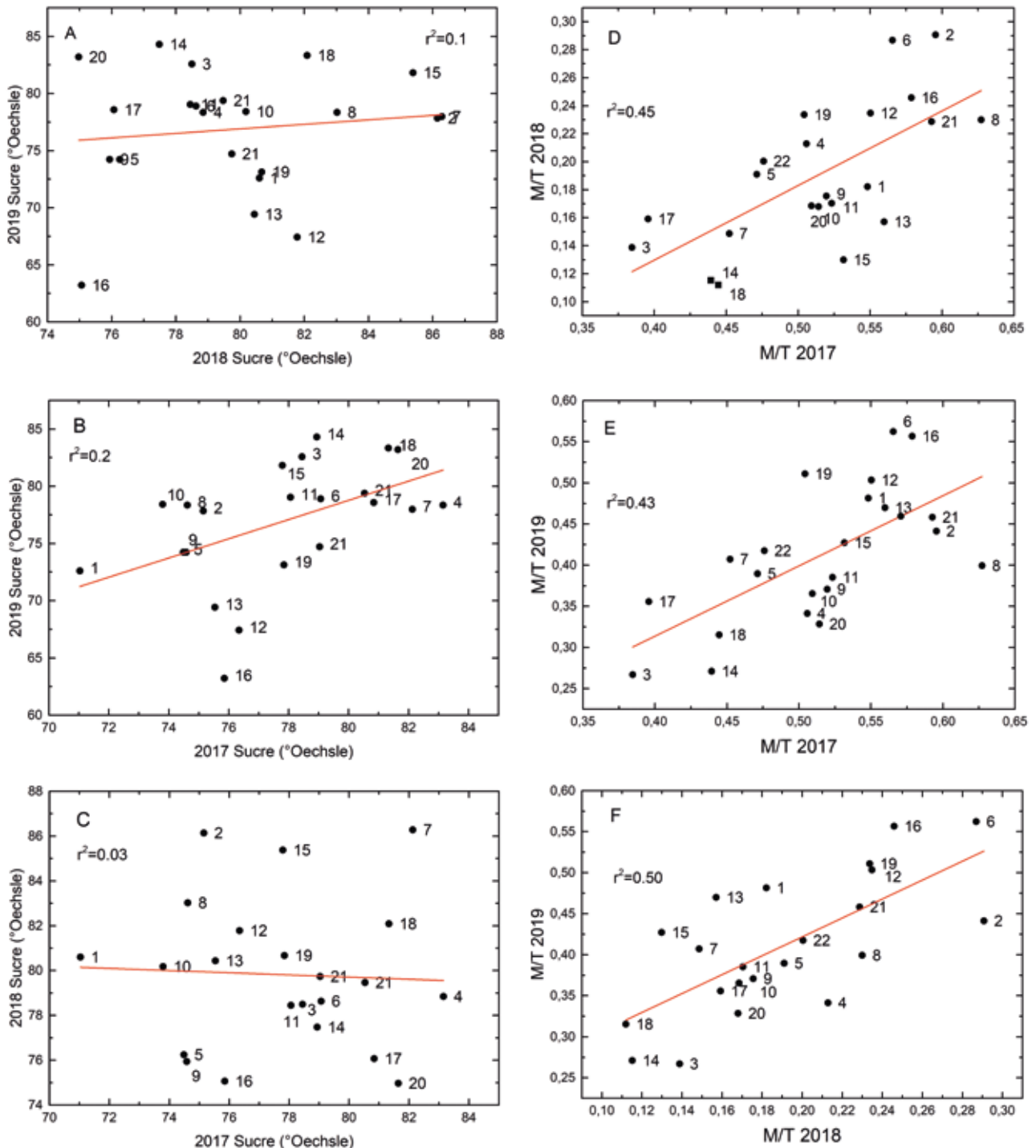


Figure 9 | Corrélations établies entre les différents millésimes pour la teneur en sucres des baies (°Oechsle) et le rapport acide malique AM/ acide tartrique AT pour l'ensemble des parcelles du réseau. Chasselas, Villette (VD), Suisse, 2017–2019.

de l'Appellation Villette (Lavaux, VD) en lien avec les conditions pédoclimatiques. Les observations menées sur trois ans (2017–2019) montrent qu'il est extrêmement difficile de réaliser un regroupement des parcelles en fonction de leur comportement physiologique et viticole dans des conditions pédoclimatiques très diverses. La forte variabilité spatiale de la température, enregistrée sur une petite échelle (140 ha), souligne l'importance des effets microclimatiques et méso-climatiques des sites et de la région qui sont des facteurs majeurs de la précocité de la vigne (phénologie, maturation des raisins). L'altitude et l'exposition du vignoble ont été des paramètres importants de la précocité du développement de la vigne durant la période d'étude. Les conditions d'alimentation en eau des parcelles ont influencé la teneur en sucre des raisins. La restriction modérée en eau a entraîné une teneur plus élevée en sucre des raisins que l'absence de contrainte hydrique ou le stress hydrique trop sévère, particulièrement durant le millésime chaud et sec de 2018. Le régime hydrique n'a par contre pas eu beaucoup d'effet sur la teneur en azote assimilable des raisins, qui a été relativement basse en fonction des sites. Le rapport entre l'acide malique et l'acide tartrique des baies, ainsi que la teneur en sucre par baie pourraient constituer des paramètres précieux dans le suivi de la maturation du raisin et le potentiel d'adaptation des cépages au réchauffement climatique. ■

#### Remerciements

Nos remerciements s'adressent à toute l'équipe de la chimie analytique d'Agroscope à Changins, et particulièrement à Mme Sandrine Belcher, pour les analyses de la composition chimique des baies. Les étudiants-e-s Alexia Henny, Pierre Durand et Axel Vacheron sont vivement remerciés pour leur aide lors de l'acquisition des données sur le terrain. Nous remercions chaleureusement les viticulteurs de Villette et leur représentant M. Jacques Joly pour la mise à disposition de leurs parcelles. La Fédération vaudoise des vigneron(e)s (FVV) est sincèrement remerciée pour son soutien financier et sa confiance.

#### Bibliographie

- Bloesch B., Viret O., Fabre A. L. et Spring J. L., 2008. Evolution climatique et phénologie de la vigne de 1958 à nos jours. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, **41(3)**, 143–149.
- Choné X., van Leeuwen C., Chéry P. et Ribéreau-Gayon P., 2001. Terroir influence on water status and nitrogen status of non irrigated Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera*): vegetative development, must and wine composition. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **22**, 8–15.
- de Ressaéguier L., Mary S., Le Roux R., Petitjean T., Quénot H. et van Leeuwen C., 2020. Temperature Variability at Local Scale in the Bordeaux Area. Relations With Environmental Factors and Impact on Vine Phenology. *Frontiers in Plant Science*, **11 (515)**. doi:10.3389/fpls.2020.00515
- Deloire A., 2011. The concept of berry sugar loading. *WynLand*, 93–95.
- Jones G. V., White M. A., C., O. R. et Storchmann K., 2005. Climate Change and Global Wine Quality. *Climate Change*, **76**, 319–343.
- Mazzei P., Celano G., Palese A. M., Lardo E., Drosos M. et Piccolo A., 2019. HRMAS-NMR metabolomics of Aglianicone grapes pulp to evaluate terroir and vintage effects, and, as assessed by the electromagnetic induction (EMI) technique, spatial variability of vineyard soils. *Food Chemistry*, **283**, 215–223. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.012
- Ojeda H., Deloire A. et Carboneau A., 2001. Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, **40(3)**, 141–145.
- Pereira G. E., Gaudillère J.-P., van Leeuwen C., Hilbert G., Maucourt M., Deborde C., Moing A. et Rolin D., 2006. 1H NMR metabolite fingerprints of grape berry: Comparison of vintage and soil effects in Bordeaux grapevine growing areas. *Analytica Chimica Acta*, **563(1)**, 346–352. doi:https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.007
- Reynard J.-S., Zufferey V., Nicol G.-C. et Murisier F., 2011. Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *OENO One*, **45(4)**, 211–221. doi:10.20870/oeno-one.2011.45.4.1502
- Rienth M., Lamy, F., Schoenenberger, P., Noll, D., Lorenzini, F., Viret, O. and Zufferey, V. (2020). A vine physiology-based terroir study in the AOC-Lavaux region in Switzerland. *OENO One*, **54(4)**
- Rienth M. et Scholasch T., 2019. State of the Art of tools and methods to assess vine water status. *OENO One*.
- Rienth M., Torregrosa L., Luchaire N., Chatbanyong R., Lecourieux D., Kelly M. and Romieu C., 2014. Day and night heat stress trigger different transcriptomic responses in green and ripening grapevine (*Vitis vinifera*) fruit. *BMC Plant Biology*, **14(1)**, 108.
- Rienth M., Torregrosa L., Sarah G., Ardisson M., Brillouet J.-M. et Romieu C., 2016. Temperature desynchronizes sugar and organic acid metabolism in ripening grapevine fruits and remodels their transcriptome. *BMC Plant Biology*, **16(1)**, 164. doi:10.1186/s12870-016-0850-0
- Rösti J., Schumann M., Cleroux M., Lorenzini F., Zufferey V. et Rienth M., 2018. Effect of drying on tartaric acid and malic acid in Shiraz and Merlot berries. *Aust J Grape Wine Res*, **24(4)**, 421–429. doi:10.1111/ajgw.12344
- Roullier-Gall C., Boutegrabet L., Gougeon R. D. et Schmitt-Kopplin P., 2014. A grape and wine chemodiversity comparison of different appellations in Burgundy: Vintage vs terroir effects. *Food Chemistry*, **152**, 100–107. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.056
- Scholasch T. et Rienth M., 2019. Review of water deficit mediated changes in vine and berry physiology. Consequences for the optimization of irrigation strategies. *OENO One*, **53(3)**. doi:https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.3.2407
- Spring J.-L., Viret O. et Bloesch B., 2009. Phénologie de la vigne, 84 ans d'observations du Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, **41(3)**, 151–156.
- Tomasi D., Gaiotti F. et Jones G. V.: Springer, 2013. The power of the terroir: the case study of Prosecco wine. Springer, Basel.
- van Leeuwen C., 2010. Terroir: the effect of the physical environment on vine growth, grape ripening and wine sensory attributes. In A. G. Reynolds (Ed.), *Managing Wine Quality* (pp. 273–315): Woodhead Publishing.
- van Leeuwen C. et Darriet P., 2016. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality. *Journal of Wine Economics*, **11(1)**, 150–167. doi:10.1017/jwe.2015.21
- van Leeuwen C. et Destrac-Irvine A., 2017. Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard. *OENO One*, **51**, 147–154.
- van Leeuwen C., Roby J. P. et de Resseguier L., 2018. Soil-related terroir factors: a review. *OENO One*, **52(2)**, 173–188.
- van Leeuwen C. et Seguin B., 2006. The concept of Terroir in Viticulture. *Journal of Wine Research*, **17(1)**, 1–10.
- Zufferey V., 2007. Alimentation en eau et irrigation de la vigne, 39, 77–78. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, **39**, 77–78.
- Zufferey V., Murisier F., Letessier I. et Fermont C., 2004. Etude de terroirs viticole vaudoise - Geo - Pedologie. Appellations Dézaley, Calamin, Epesses Villette et Lutry – Rapport final. Retrieved from Centre viticole du Caudoz, 1009 Pully, Suisse.
- Zufferey V., Verdenal T., Koestel C., Rösti J., Dienes-Magy A., Belcher S., Lorenzini F., Spangenberg J., Viret O. et Spring J.-L., 2019. Influence de la date de vendange sur la qualité des raisins et des vins de Chasselas en Dézaley. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, **51(2)**, 100–111.





**Summary**

■ For three consecutive seasons, 22 Chasselas L. plots were analysed.

The aim of the study was to characterise the terroir of a steeply sloping Swiss wine-growing region by establishing a correspondence between vine and berry physiology and prevailing pedoclimatic conditions. The region offers a unique experimental site, owing to the homogeneity of the plant material in a small microclimate (140 ha) with a multiplicity of different exposures and altitudes. In the three years of study, the temporal variability in average temperature was 142 growing degree-days (GDD). The spatial variability of the temperature between the most extreme plots reached 395 GDD. Statistical analyses of the physiological and pedoclimatic parameters yielded inconsistent groupings of plots between the years, with no correspondence to the geological entities. This shows that the “vintage effect” had a greater influence on vine physiology and berry quality than the “soil effect”. Altitude turned out to be the main factor for earliness for all years, irrespective of vintage. The study provides important information on adapting plant material and on viticultural strategies in view of climate change.

**Key words:** viticultural terroir, berry ripening, temperature variability, phenology, climate change

**Zusammenfassung**

■ Während drei aufeinanderfolgenden Saisons wurden 22 Chasselas-Parzellen untersucht.

Ziel der Studie war es, das Terroir einer Weinregion mit Steillagen zu charakterisieren, um einen Zusammenhang zwischen der Physiologie der Rebe, der Beerenqualität und den vorherrschenden pedoklimatischen Bedingungen zu untersuchen. Die Region bietet aufgrund der Homogenität des Pflanzenmaterials in einem relativen kleinen Mikroklima (140 ha) mit einer Vielzahl unterschiedlicher Expositionen und Höhenlagen einen einzigartigen Versuchsstandort.

In den drei Jahren der Studie betrug die temporelle Variabilität der Durchschnittstemperatur 142 Gradtage (GT). Die räumliche Variabilität der Temperatur erreichte zwischen den extremsten Parzellen 395 GT. Die statistischen Analysen physiologischer und pedoklimatischer Parameter ergab eine inkonsistente Gruppierung der Parzellen in den jeweiligen Jahren ohne eine Übereinstimmung mit den geologischen Einheiten. Dies zeigt, dass der „Jahrgangseffekt“ einen grösseren Einfluss auf die Physiologie der Rebe und die Qualität der Beeren hatte als der „Bodeneffekt“. Die Höhenlage der Parzellen war in allen Jahren der Hauptfaktor für die Frühzeitigkeit und relativ unabhängig vom Jahrgang. Die Studie liefert wichtige Informationen zur Anpassung des Pflanzenmaterials und der weinbaulichen Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels.

**Riassunto**

■ Per tre stagioni consecutive sono state monitorate 22 particelle di Chasselas L.

Lo studio era finalizzato a caratterizzare il terroir di una regione viticola svizzera in forte pendenza, stabilendo una correlazione tra la fisiologia della vite e degli acini e le condizioni pedoclimatiche. La regione offre un sito sperimentale unico nel suo genere grazie all'omogeneità del materiale vegetale in un piccolo microclima (140 ha) con una grande varietà di esposizioni e altitudini diverse. Sui tre anni di studio, la variazione della temperatura è stata in media di 142 gradi-giorni di crescita (GG). La variabilità spaziale della temperatura ha raggiunto i 395 GG tra le particelle più estreme. Le analisi statistiche dei parametri fisiologici e pedoclimatici hanno presentato raggruppamenti incoerenti di particelle tra gli anni, senza corrispondenze con le caratteristiche geologiche. Ciò dimostra che l'effetto del millesimo sulla fisiologia della vite e sulla qualità degli acini è stato avvertito maggiormente rispetto a quello del suolo. L'altitudine si è rivelata essere il principale fattore di precocità per tutte le annate, indipendentemente dal millesimo. Lo studio fornisce importanti informazioni in termini di adattamento del materiale vegetale e delle strategie agronomiche in considerazione del riscaldamento climatico.