

Cent ans de recherche viticole au Centre du Caudoz à Pully (VD)

Olivier VIRET¹, Jean-Laurent SPRING, Vivian ZUFFEREY, Thibaut VERDENAL, Johannes RÖSTI, Fabrice LORENZINI, François MURISIER² et Jean-Louis SIMON³, Agroscope, 1009 Pully

¹Chef de la division de recherche viticulture et œnologie 2008–2016

²Chef de la section viticulture de 1993 à 2008

³Chef de la section viticulture de 1968 à 1993

Renseignements: Olivier Viret, e-mail: olivier.viret@agroscope.admin.ch, tél. (+41) 58 468 43 82, www.agroscope.ch



Introduction

En Suisse, la recherche vitivinicole commence à la fin du XIX^e siècle, avec l'apparition des problèmes phytosanitaires dans les vignobles romands: mildiou, phylloxéra, vers de la grappe, parasites et ravageurs, qui prennent rapidement des proportions dramatiques et génèrent des pertes économiques considérables. Par un décret daté du 24 février 1886, le Conseil d'Etat vaudois dé-

clare: «Il importe de donner à la viticulture de notre pays tout le développement dont elle est susceptible, en venant à son aide par des expériences et des essais aux frais de l'Etat» et décide «qu'il sera créé au Champ-de-l'Air à Lausanne une station centrale d'essais viticoles». La Station viticole cantonale vaudoise ou Station viticole de Lausanne devient ainsi la première entité de recherche agronomique de Suisse, que compléteront le Laboratoire cantonal de chimie agricole

en 1895, puis l'Établissement fédéral de contrôle des semences de Mont-Calme en 1898. La station de Lausanne est aussi dotée de vignes d'essais dans différentes parties du canton: la Commune de Pully lui cède ainsi gratuitement en 1913 une vigne de 2804 m². L'Etat de Vaud agrandira le domaine par l'achat de parcelles supplémentaires qui forment l'actuelle partie sud-est du domaine du Caudoz, d'une superficie de 12 118 m² (fig. 1). A l'aube du XX^e siècle, des pourparlers s'engagent pour que les activités de recherche cantonales soient reprises par la Confédération, qui avait déjà créé la Station fédérale de recherche viticole à Wädenswil en 1890. A cette époque, les surfaces viticoles suisses approchaient les 33 000 ha (Simon *et al.* 1977), avec une répartition régionale très différente de celle d'aujourd'hui (fig. 2). Ce sera finalement en 1916, soit il y a cent ans exactement, que l'Etat de Vaud remettra le domaine du Caudoz à la Confédération.

Le Caudoz, de 1916 à nos jours

La Station viticole de Lausanne voit son histoire directement liée à celle de la phytopathologie de la vigne: jusqu'à la fin du XIX^e siècle, les préoccupations principales sont la cochylys, décrite dans la région de Genève

dès 1740, la pyrale, le coître et le blanc des racines. La crise viticole débute chronologiquement vers 1851 à l'arrivée de l'oïdium, précédemment absent du territoire européen, du phylloxéra (1885), du mildiou (1886), de l'acariose (1900), du phylloxéra gallicole (1908) et d'eudémis dès 1910 (Faes et Porchet 1916) qui compromettent de plus en plus la viticulture. Ces problèmes provoquent la réduction drastique des surfaces viticoles et une forte inquiétude dans les milieux concernés. Après moult discussions, les Chambres fédérales

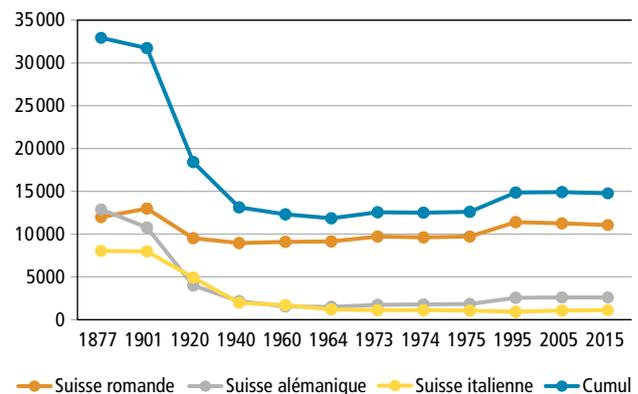


Figure 2 | Evolution des surfaces viticoles en Suisse romande, alémanique et italienne de 1877 à 2015.



Figure 1 | Plan du domaine du Caudoz vers 1950 avec les parcelles acquises depuis 1916, année de donation de l'Etat de Vaud à la Confédération.

votent le 17 juin 1915 un arrêté relatif à la création d'une Station fédérale d'essais viticoles sur les Communes de Pully et de Lausanne, qui définit les crédits nécessaires à la construction des bâtiments sur le domaine du Caudoz et inscrit les crédits d'exploitation au budget annuel de la Confédération. La construction des bâtiments d'exploitation et des laboratoires s'achève en 1918. Des parcelles initiales de 1,2 ha, le domaine expérimental s'est peu à peu étendu avec l'achat de nombreuses parcelles situées à l'ouest du chemin du Caudoz et au nord-est du domaine, qui se conclut en 1952 avec la parcelle de «Beau Séjour» où une maison est détruite pour réhabiliter le sol en terrain viticole. Durant une première phase, le domaine du Caudoz abrite dans sa partie ouest, séparée par le chemin du Caudoz, la recherche en arboriculture fruitière, déplacée par la suite au domaine des Fougères en Valais, acquis en 1962.

Actuellement, le domaine couvre une superficie de 50 132 m² dédiés exclusivement à la recherche vitivinicole. Le groupe de recherche du Caudoz coordonne toutes les activités à l'échelle nationale, avec des domaines expérimentaux situés dans les principales régions viticoles de Suisse (tabl. 1). Tous les essais sont observés, contrôlés, et les raisins, moûts et vins analysés chimiquement. La plupart des essais font l'objet de vinifications séparées et les vins sont dégustés par un panel d'experts entraînés, à l'exemple des chiffres-clefs de l'année 2015 (tabl. 2).

Tableau 2 | Chiffres-clefs 2015 de la recherche en viticulture, œnologie et analyse des vins à l'échelle nationale

Indicateurs	Chiffres-clefs
Domaines expérimentaux en Suisse romande	3 sites (8,8 EPT)
Domaines expérimentaux au Tessin	2 sites (1,5 EPT)
Domaines expérimentaux en Suisse alémanique et cave (Wädenswil)	2 sites (4,6 EPT)
Œnologie (cave de Changins)	1 site (4 EPT)
Analyses des vins (Changins)	1 site (4,1 EPT)
Surface totale de vigne (ha)	23,3
Nombre de parcelles expérimentales élémentaires	
– Suisse romande et Tessin	2055
– Suisse alémanique	360
Nombre de vinifications (> 20 l) à Changins	260
Nombre de micro-vinifications (< 20 l) à Pully	179
Nombre de vinifications à Wädenswil	48
Analyses chimiques des raisins, moûts et vins	
– nombre d'échantillons	7755
– nombre de déterminations	> 30 000
Analyses sensorielles: nombre de vins dégustés par le panel interne à Changins	600
Publications scientifiques (anglais)	6
Publications techniques et scientifiques (français)	30
Publications techniques et scientifiques (allemand)	9
Conférences en Suisse et à l'étranger	80
Nombre de nouvelles variétés inscrites au catalogue national jusqu'en 2015:	
– métis (<i>V. vinifera</i> x <i>V. vinifera</i>)	8
– résistante aux maladies fongiques	1
– clones de cépages autochtones et traditionnels	47

EPT: personnel en équivalents plein temps.

Tableau 1 | Domaines expérimentaux actuels dépendants du Centre de recherche viticole du Caudoz à Pully (VD)

Canton	Site (année de création) Altitude	Surface	Température Précipitations Ensoleillement**	Thèmes de recherche spécifiques
Vaud	Pully (Caudoz) / 455 m Depuis 1916	5,02 ha	10,9 °C 1153 mm 1872 h	Création variétale, sélection clonale, micro-vinifications, systèmes de conduite, collection viticole nationale, entretien des sols, site de référence oïdium, pépinière viticole, fourniture du matériel de base pour la certification, référence phénologique depuis 1925 (fig. 7)
Vaud	Changins (1952) / 455 m	3,09 ha	10,2 °C 998 mm 1844 h	Stress azoté, maîtrise de la vigueur, adaptation des cépages et clones
Valais	Leytron (1970) / 518 m	3,67 ha	10,1 °C 603 mm	Stress hydro-azoté, sélection clonale cépages autochtones valaisans, nouveaux cépages, entretien des sols
	Chamoson (1990) / 538 m	2,45 ha	2093 h	
Tessin	Cugnasco (1967) / 207 m	0,83 ha	11,4 °C 1832 mm	Nouveaux cépages, gestion haie foliaire et optimisation de la production de vignes en banquettes, site de référence mildiou et black rot, entretien des sols en région chaude et humide
	Gudo (1978) / 300 m	0,36 ha	2102 h	
Zurich*	Wädenswil (1890) / 430 m	2,43 ha	9,5 °C 1390 mm	Nouveaux cépages, clones Pinot noir, site de référence mildiou, dessèchement de la rafle
	Stäfa (Sternenhalde) / 430 m	3,35 ha	1595 h	

*Jusqu'en 2008, les domaines de Wädenswil et de Stäfa étaient indépendants du Caudoz. Dès cette date, la recherche vitivinicole est devenue nationale au sein d'Agroscope.

**Normes de 30 ans (1981–2010) de MétéoSuisse pour les stations de Pully, Changins, Sion, Magadino-Cadenazzo et Wädenswil.

Cent ans de recherche viticole à Pully

Dès sa constitution en 1916, la Station fédérale d'essais viticoles de Lausanne (Montagibert et Caudoz) reprend les activités expérimentales de la Station cantonale vaudoise créée en 1886. Le domaine du Caudoz sera tout d'abord géré par des chefs de culture. Avec l'arrivée de Jean-Louis Simon en 1968, responsable de la section de Viticulture et d'Œnologie de la Station fédérale de Lausanne, le site de Pully devient le centre effectif de la recherche viticole pour la Suisse romande et le Tessin. Les vinifications réalisées dans les celliers de Montagibert à Lausanne migrent, dès 1976, sur le site de Changins. Au lancement du programme de création variétale dans les années septante, une unité de micro-vinification est créée au Caudoz pour effectuer le premier screening œnologique des nouvelles variétés.

Pour étudier les problématiques viticoles des différents vignobles romands et tessinois, le Centre du Caudoz va progressivement gérer des domaines ou parcelles expérimentales, notamment les domaines de Changins (VD) dans les années cinquante et de Leytron (VS) en 1970, complété dès 1990 par des acquisitions dans le vignoble de Chamoson. Au Tessin, après une collaboration avec l'école d'agriculture de Mezzana, deux domaines expérimentaux sont installés à Cugnasco (situation de plaine) et à Gudo (vignoble terrassé en colline) à la fin des années septante.

Travailler d'abord à la survie de la viticulture

Au départ, la recherche répond principalement aux questions de survie pour la viticulture. La lutte contre le phylloxéra prend la première place lorsque la désinfection du sol au sulfure de carbone est progressivement abandonnée pour reconstituer le vignoble en utilisant des porte-greffes américains résistants. Au même moment, la lutte contre les principales maladies fongiques (mildiou, oïdium, pourriture du raisin) et contre certains parasites, comme les vers de la grappe, fait l'objet de nombreux travaux.

Sélection de la vigne et études variétales

L'amélioration de l'encépagement s'impose rapidement comme une préoccupation importante. L'adaptation de variétés européennes, par exemple, a été étudiée ou celle des premiers hybrides interspécifiques résistants aux maladies, notamment ceux que la France crée en masse dès la fin du XIX^e siècle: plus de 160 hybrides sont ainsi testés sur le domaine du Caudoz – sans trop de succès vu leur piètre intérêt œnologique. Cependant, cette activité encourage dans les années cinquante et

soixante à diversifier l'encépagement du vignoble, notamment avec des variétés rouges comme le Gamay ou le Pinot noir pour répondre à la commercialisation difficile des vins blancs de Chasselas.

Dès 1923, la Station s'intéresse à la sélection clonale du Chasselas, surtout pour améliorer la régularité de production de ce cépage, conduit essentiellement en taille courte (gobelet) à cette époque, un projet également motivé par l'état sanitaire préoccupant (viroses) du vignoble. Dès la fin des années quarante, les premiers clones de Chasselas suscitent un vif intérêt, manifesté par leur large diffusion. On reprochera par la suite à ces clones adaptés à une taille courte d'être trop productifs avec l'amélioration des techniques culturales (nutrition de la vigne, entretien du sol, lutte contre les parasites et adoption de la taille longue). Des prospections sont alors menées à large échelle dans les années septante sur de vieilles vignes pour sélectionner des types modérément productifs à profil œnologique diversifié, aujourd'hui diffusés par la filière de certification suisse. Les projets de sélection clonale sont dès lors étendus au Pinot noir et au Gamay. Depuis les années nonante, en partenariat avec l'Office de la viticulture et la Société des pépiniéristes valaisans, la plupart des cépages traditionnels et autochtones de cette région ont également leur programme de sélection toujours en cours (Maigre *et al.* 2003).

Jusqu'ici, un conservatoire de plus de 1600 têtes de clones pour 17 cépages a pu être constitué à Pully et en Valais, pour représenter la variabilité clonale des variétés cultivées en Suisse et la conserver à long terme (fig. 3). Pully dispose ainsi du plus important conservatoire au monde pour le Chasselas, avec plus de 300 biotypes différents.



Figure 3 | Certains cépages possèdent une importante variabilité clonale, dans leurs caractères agronomiques comme dans leur potentiel œnologique. Ici, deux clones de Petite Arvine (PA 10 à gauche et RAC 46 à droite), distincts par la morphologie des grappes et leur sensibilité à la pourriture.

Les clones les plus prometteurs sont évalués de façon précise sur le plan agronomique et œnologique, ce qui permet d'homologuer et de diffuser les plus intéressants par la filière de certification suisse. Actuellement, 47 clones de 27 cépages et deux porte-greffes ont été sélectionnés et diffusés (Spring et Reynard 2015) pour être plantés sur plusieurs milliers d'hectares dans le vignoble suisse. D'ici à dix ans, la quarantaine de clones supplémentaires disponibles permettra d'offrir un large choix dans les principaux cépages traditionnels et autochtones suisses, convenant aux situations très diversifiées de notre vignoble.

Le site de Pully héberge encore la collection ampélographique la plus importante du pays avec plus de 600 accessions. Elle est la référence du réseau de la Commission pour la conservation et la sauvegarde des plantes cultivées de variétés autochtones et historiques de Suisse.

Création de nouveaux cépages

Dès 1965, la création de nouvelles variétés de vigne est lancée par Agroscope. Jusqu'en 1995, ce programme travaille des méteils de *Vitis vinifera* dans le but d'obtenir une haute résistance à la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), un des plus virulents pathogènes dans beaucoup de vignobles suisses, de nouvelles notes gustatives et des vins d'assemblage rouges pour remédier à la fin du droit de coupage avec des vins étrangers, prononcée en 2006. Huit nouveaux cépages sont issus de ce programme depuis 1990 (deux blancs: Charmont et Doral et six rouges: Gamaret, Garanoir, Diolinoir, Carminoir, Mara et Galotta). Leur potentiel œnologique élevé et leur plasticité d'adaptation leur ont valu un fulgurant développement, puisqu'ils couvraient 881 ha du vignoble en 2015. Les nouvelles obtentions de ce programme représentent actuellement près de 10% de l'assortiment de cépages rouges du pays. Devenu le quatrième cépage rouge en importance, le Gamaret a été introduit récemment dans les catalogues nationaux français et italien.

Dès 1996, la création variétale s'est orientée vers l'obtention de cépages résistants au mildiou (*Plasmopara viticola*) et à l'oïdium (*Uncinula necator*) par hybridation interspécifique classique. Dans une première phase, le Gamaret, géniteur européen (*Vitis vinifera*) à haut potentiel qualitatif muni d'une exceptionnelle résistance à *Botrytis cinerea*, a été croisé avec une large gamme de cépages porteurs de gènes de résistance provenant de vignes sauvages américaines et asiatiques. Pour accélérer et sécuriser le processus de sélection, le groupe de mycologie d'Agroscope a mis au point des tests précoces pour trier les candidats munis d'une ré-

sistance élevée au mildiou. Des critères biochimiques ont été développés sur la base des mécanismes naturels de défense induite de la vigne (phytoalexines stilbéniques) et intégrés dans les programmes de sélection variétale (Gindro *et al.* 2006).

Depuis 2009, un projet de sélection conjointe (co-obtentions) de cépages résistants, combinant des gènes de résistance au mildiou et à l'oïdium de différentes origines et visant des résistances stables et pratiquement absolues, se poursuit avec l'INRA de Colmar. Les premières homologations issues de ce programme se profilent à l'horizon 2025.

Depuis 1996, 58 croisements ont été effectués, générant plus de 35 000 génotypes triés avec des biomarqueurs et par génotypage des gènes de résistance pour les co-obtentions Agroscope/INRA. En 2013, la première variété rouge Divico (fig. 4) a été homologuée en Suisse (Spring *et al.* 2013), accueillie avec un vif intérêt pour ses caractéristiques de résistance et son potentiel œnologique élevé. Un deuxième cépage (blanc) fait l'objet d'une demande d'inscription et devrait être homologué d'ici trois à quatre ans.

Evolution des systèmes de culture

A Pully, la recherche accompagne la mutation des modes de culture de la vigne. L'arrivée de la mécanisation a imposé la conduite en ligne avec palissage sur fil, modifiant ainsi en profondeur les techniques traditionnelles (développement des systèmes Guyot en taille longue, ou en cordon permanent). L'évolution de la mécanisation elle-même a impacté les distances interlignes, et donc les densités de plantation: la culture large, liée aux tracteurs agricoles utilisés lors des débuts, a fait place aux systèmes mi-larges aujourd'hui dominants, rendus possibles par l'apparition de véhicules spécifiques à la viticulture (tracteurs vigneronniers étroits, chenillards, etc.). La recherche s'est aussi penchée sur la réduction des travaux de la feuille en testant des systèmes peu ou non



Figure 4 | Divico, le premier cépage muni de résistances élevées au mildiou, à l'oïdium et à la pourriture du raisin sélectionné par Agroscope.

palissés (culture haute et large à port partiellement ou totalement retombant). Pour les vignes en forte pente cultivées en banquettes, des systèmes de conduite à double plan de palissage (vertical ascendant et retombant vers le talus; fig. 5) ont été développés pour accroître la surface foliaire et optimiser l'énergie lumineuse (Murisier *et al.* 2001). Toutes ces évolutions, souvent anticipées, ont été validées par l'expérimentation sur le plan agronomique et œnologique. Ces travaux ont également établi quels sont les facteurs-clés pour évaluer le potentiel des systèmes de conduite, comme un rapport feuille-fruit équilibré et un microclimat optimisé de la zone des grappes (Murisier 1996). Cette étude se poursuit aujourd'hui par l'exploration de la physiologie de la vigne, la gestion rationnelle de la haie foliaire et l'incidence de ces facteurs sur la qualité des vins.

Entretien du sol

Parallèlement à l'évolution des systèmes de conduite, la gestion du sol se modifie aussi profondément, du désherbage manuel avec travail du sol sur toute la surface jusqu'à l'arrivée des premiers herbicides dans les années soixante. Dès les années septante, de nombreux essais sont mis en place pour évaluer l'impact agronomique, environnemental et œnologique de dif-

férents modes d'entretien du sol: travail du sol, non-culture, enherbement de l'interligne. Ils ont permis de préciser les indications et limites de ces techniques et montré les impacts négatifs sur la qualité des vins blancs, en particulier, d'un enherbement mal maîtrisé qui peut entraîner un défaut d'alimentation azotée dans les moûts (Maigre *et al.* 1995). Les seuils critiques d'alimentation azotée étant précisés, des méthodes



Figure 6 | Le brome des toits (*Bromus tectorum*), une espèce annuelle adaptée à l'enherbement des vignes en zones sèches, forme un mulch en été (A) et se ressème spontanément à partir de septembre (B).

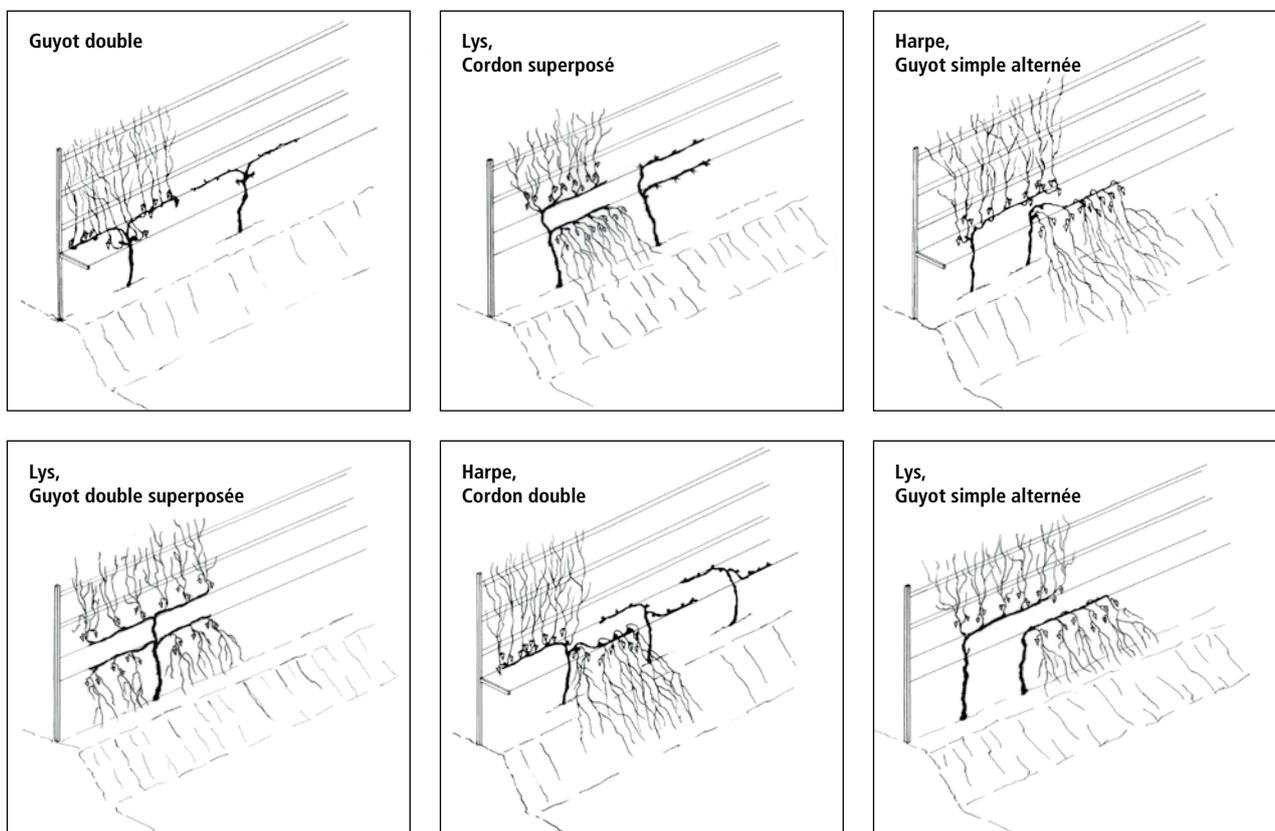


Figure 5 | Nouveaux modes de conduite expérimentés pour les vignobles en banquettes cultivés en forte pente.

sont proposées pour optimiser la gestion azotée des vignes enherbées en situations à risque, comme la localisation des apports d'azote sur le cavaillon désherbé (Spring 2003), des compléments azotés foliaire en cas de carence (Spring et Lorenzini 2006) ou encore le choix d'espèces peu concurrentielles pour l'enherbement (Spring et Delabays 2006). Ce dernier aspect se prolonge par l'étude de l'enherbement de la vigne en climat sec (fig. 6), déterminante dans la perspective d'une réduction de l'utilisation des herbicides.

Physiologie de la vigne et changements climatiques

Le domaine de Caudoz est une référence pour la phénologie du Chasselas en relation avec le climat (fig. 7), grâce au suivi ininterrompu des principaux stades de développement depuis 1925 (Spring et al. 2009) et à sa station de mesures Météosuisse.

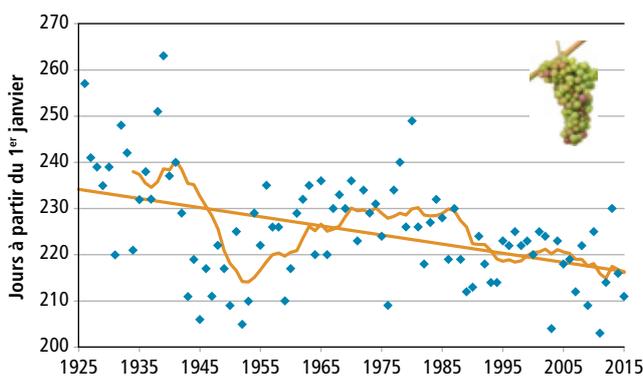


Figure 7 | Au domaine du Caudoz, les stades repères du développement du Chasselas sont relevés en continu depuis 1925; ici, le début de la véraison. Les points bleus représentent les valeurs annuelles, la courbe, la moyenne mobile sur dix ans et la droite, la tendance sur toute la période d'observation.

Face à l'évolution du climat, la station viticole du Caudoz a développé depuis les années nonante des travaux sur l'impact d'un manque d'eau, associé à des températures élevées, sur le comportement et la capacité d'adaptation des cépages et sur le potentiel de rendement et la qualité des vins (Zufferey et al. 2000; Spring et Zufferey 2009). L'influence de stress abiotiques (sécheresse, brusques écarts thermiques) sur l'occurrence d'accidents physiologiques comme le dessèchement de la rafle, le folletage des grappes ou la formation d'embolie (bulles d'air) dans les vaisseaux de la vigne est suivie de près en relation avec l'évolution climatique (Zufferey et al. 2015), de même que l'adaptation des techniques culturales et le développement de stratégies de lutte contre ces accidents. Des pistes sont explorées pour assurer une bonne gestion de la vigueur et une alimentation hydro-azotée équilibrée, notamment par le choix du matériel végétal, la gestion de l'entretien des sols et de la fumure azotée, les pratiques d'irrigation et le choix du mode de conduite et du rapport feuille-fruit. La gestion de la vigueur dans une optique qualitative exige de meilleures connaissances sur l'alimentation azotée optimale des différents cépages (expression aromatique, typicité). Des études récentes sur la répartition de l'azote dans la plante (Verdenal et al. 2015) permettront d'apprécier l'intérêt de certaines pratiques culturales proposées.

Influence des terroirs viticoles

L'adéquation sol-cépage-climat repose sur le choix judicieux des cépages qui expriment au mieux leur typicité et qualité dans un terroir donné. Depuis 2000, la station viticole du Caudoz étudie les caractéristiques des terroirs des cantons romands et du Tessin, en parte-



Figure 8 | Étude des terroirs vaudois (2000–2010). Exemple de cartographie de différents types de sol (schématisés d'après les profils de terrain) avec leur réserve utile en eau (RU), à Mont-sur-Rolle. 1: moraine caillouteuse peu compacte, 2: peyrosol ou moraine de retrait, très caillouteuse et perméable, 3: colluviosol profond à grande réserve en eau.

nariat avec les viticulteurs et diverses associations viticoles (fig. 8). Dans le canton de Vaud, les études ont porté sur le comportement et l'adaptation au terroir du Chasselas de 2001 à 2003 et de dix autres cépages dont le Gamaret et le Doral de 2007 à 2009. Ce projet a permis de caractériser les vins selon les conditions pédo-climatiques de la zone de production. Les facteurs explicatifs majeurs du terroir ont été le régime hydrique de la vigne et l'alimentation azotée des raisins (Zufferey et Murisier 2007; Reynard et al. 2011). Les effets du millésime ont également été décisifs, notamment pour les cépages à exigence thermique élevée. Au Tessin, le comportement du Merlot dans divers terroirs a de même été étudié jusqu'à l'analyse sensorielle

des vins. Le comportement viticole du Cornalin et les caractéristiques viticoles et œnologiques du Pinot noir et de l'Arvine ont été observés dans les terroirs les plus représentatifs du Valais (Zufferey et al. 2010; 2011; Verdenal et al. 2012).

La caractérisation des terroirs viticoles, en particulier leur régime hydrique et leur nutrition azotée, permet de mieux comprendre le comportement des cépages selon leurs exigences spécifiques et ainsi d'orienter l'encépagement du vignoble qui doit être réfléchi à long terme. De même, le choix de techniques culturales adaptées aux conditions pédo-climatiques permet de mettre en valeur le potentiel qualitatif et l'originalité de nos terroirs. ■

Bibliographie

- Faes H. & Porchet F., 1916. La Station viticole cantonale vaudoise de Lausanne de 1886–1916, étude rétrospective sur son organisation, ses recherches, ses publications, et sa participation à la défense du vignoble vaudois. Ed. Imprimerie Vaudoise, Lausanne, 105 p.
- Gindro K., Spring J.-L., Pezet R., Richter H. & Viret O., 2006. Histological and biochemical criteria for objective and early selection of resistant grapevine cultivars resistant to *Plasmopara viticola*. *Vitis* 45 (4), 191–196.
- Maigre D., Aerny J. & Murisier F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 27, 237–251.
- Maigre D., Brugger J.-J. & Gugerli P., 2003. Sauvegarde, conservation et valorisation de la diversité génétique de la vigne en Valais (Suisse). *Bulletin de l'OIV* 76, 230–241.
- Murisier F., 1996. Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose. Thèse EPFZ n° 11729, 132 p.
- Murisier F., Ferretti M. & Zufferey V., 2001. Nouveaux systèmes de conduite pour les vignes en forte pente. Essais sur Merlot au Tessin. 1. Résultats agronomiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 33 (1), 25–33.
- Reynard J.-S., Zufferey V., Nicol G.-N. & Murisier F., 2011. Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 45 (4), 211–221.
- Simon J.-L., Schwarzenbach J., Mischler M., Eggenberger W. & Koblet W., 1977. Viticulture. Payot, Lausanne, 195 p.
- Spring J.-L., 2003. Localisation de la fumure azotée sur l'intercep dans les vignes enherbées. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 35 (2), 113–119.
- Spring J.-L. & Lorenzini F., 2006. Effet de la pulvérisation foliaire d'urée sur l'alimentation azotée et la qualité du Chasselas en vigne enherbée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 38 (2), 105–113.
- Spring J.-L. & Delabays N., 2006. Essai d'enherbement de la vigne avec des espèces peu concurrentielles. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 38 (6), 355–359.
- Spring J.-L. & Zufferey V., 2009. Influence de l'irrigation sur le comportement de la vigne et sur la qualité de cépages rouges dans les conditions du Valais central. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 41 (2), 103–111.
- Spring J.-L., Viret O. & Bloesch B., 2009. Phénologie de la vigne: quatre-vingt-quatorze ans d'observation du Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 41 (3), 151–155.
- Spring J.-L., Gindro K., Voinesco F., Jermini M. & Viret O., 2013. Divico, premier cépage résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné par Agroscope. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 45 (5), 292–303.
- Spring J.-L. & Reynard J.-S., 2015. Sélection clonale d'Agroscope. Catalogue des clones diffusés par la filière de certification suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 47 (1), 75–78.
- Verdenal T., Zufferey V., Spring J.-L., Jourjon M. & Viret O., 2012. Comportement du cépage Arvine dans le vignoble de Fully (Valais, Suisse). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 44 (6), 378–384.
- Verdenal T., Spangenberg J., Zufferey V., Lorenzini F., Spring J.-L. & Viret O., 2015. The effect of fertilization timing on partitioning of foliar applied nitrogen in grapevine cv. Chasselas: a ¹⁵N labelling approach. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 21, 110–117.
- Zufferey V., Murisier F. & Schultz H. R., 2000. A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs. Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis* 39 (1), 19–26.
- Zufferey V. & Murisier F., 2007. Assessment of plant hydraulics in grapevine on various «terroirs» in the Canton of Vaud (Switzerland). *J. Int. Sci. Vigne Vin* 41 (2), 95–102.
- Zufferey V., Spring J.-L., Verdenal T., Viret O., Parvex C., Pont M. & Favre G., 2010. Comportement du Pinot noir dans les conditions du vignoble valaisan. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 42 (6): 376–383.
- Zufferey V., Spring J.-L., Verdenal T. & Viret O., 2011. Comportement du Cornalin dans les conditions du vignoble valaisan. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 43 (4), 254–262.
- Zufferey V., Spring J.-L., Voinesco F., Viret O. & Gindro K., 2015. Physiological and histological approaches to study berry shrivel in grapes. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 49, 113–125.