

Etudes des terroirs viticoles suisses

Swiss terroirs studies

Vivian ZUFFEREY*, Jean-Sébastien REYNARD, Karine PYTHOUD, Cristina MONICO, François MURISIER, Isabelle LETESSIER¹

Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CH-1260 NYON (Suisse)

¹Bureau SIGALES, F-38410 St Martin d'Uriage (France)

*Corresponding author: vivian.zufferey@acw.admin.ch

Abstract

A multidisciplinary approach aiming at studying the grape-growing areas also referred as "Terroir" was initiated a few years ago in Switzerland. Collaborative studies are carried out on soil characteristics (I. Letessier, Bureau SIGALES; S. Burgos, Ecole d'Ingénieurs de Changins), climatic parameters (Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne) and aspects of the plant physiology (Agroscope Changins-Wädenswil). The study of the soil includes the collection of geological and pedological characteristics and viticulturalist's practical knowledge. It emerged that a large diversity in type and composition of soils was found and highlighted the importance of the parameter of soil water holding capacity (SWHC). In order to evaluate the climatic component of the "Terroir", a model was built resulting in a climatic index taking into account temperature, radiation and wind protection. Agronomical studies revealed a good correlation between the physiology of the plant (water status, vegetative growth, sugar accumulation in berries) and the water content present in the soil (SWHC). Current studies aim at determining the influences of pedo-climatic factors on the quality of the final product in wine-growing areas in Switzerland.

Mots clés: terroirs, soils, climate, ecophysiology, grape quality

Introduction

L'incidence du milieu naturel sur la qualité et la typicité du raisin et des vins est largement reconnue (Seguin, 1983; Morlat, 1989). Néanmoins, l'étude des terroirs s'avère complexe, car les facteurs susceptibles d'influencer la qualité des vins sont multiples et le rôle exercé par chacun d'eux n'est pas encore clairement établi. Dans les études de terroirs réalisées jusqu'ici, il est rare que soient intégrés à la fois les différents aspects liés au sol, au climat et au comportement de la plante. Dans un thème aussi complexe qui fait intervenir une multitude de facteurs, il était important de mettre en œuvre des compétences multiples pour une étude pluridisciplinaire. L'étude des sols s'est appuyée sur la géologie et la pédologie, en visant essentiellement à comprendre le fonctionnement des sols en prenant largement en compte les connaissances du vigneron. Ce dernier a été ainsi intégré dans la démarche de caractérisation des sols (Letessier et Fermond, 2004). La caractérisation du climat a été faite à la fois en mettant en valeur les nombreuses données existantes et en utilisant la modélisation. Celle-ci a permis d'intégrer des facteurs essentiels tels que la température, le rayonnement solaire et la protection face aux vents dominants. Un indice climatique global intégrant différents facteurs a été mis au point (Pythoud, 2004). L'étude du comportement de la plante a pour objet de conforter et de valider les méthodes de caractérisation des sols, en particulier l'appréciation de leur réserve hydrique. Ainsi, l'influence des facteurs pédologiques (type de sols, réservoir en eau) et climatiques sur les principaux aspects physiologiques de la vigne (expression végétative, régime hydrique, évolution de la maturation) et sur les potentialités viticoles et œnologiques de diverses entités pédo-climatiques fait l'objet de plusieurs études menées en Suisse. Les résultats présentés dans cet article se rapportent à des études réalisées dans les cantons de Vaud, du Valais et du Tessin.

Matériel et Méthodes

Étude pédologique

L'étude géo-pédologique conduite dans les divers cantons suisses par le bureau SIGALES (Letessier et collaborateurs) présente la particularité d'inclure l'expérience des vignerons dans l'interprétation cartographique des observations. L'objectif visé est de fournir une typologie complète des sols et une synthèse pertinente au niveau des régions et des cantons. Le déroulement des études pédologiques comprend différentes étapes qui sont succinctement décrites dans la figure 1.

L'étude pédologique a été réalisée sur la base de très nombreux sondages à la tarière (1 sondage pour 2 ha), de profils (environ 1 profil pour 10 ha) et de multiples réunions de travail autour des cartes et des profils. L'ensemble des données géo-pédologiques ont été stockées dans une base de données conçue par l'EPFL.

Cartographie et légende

Une description traditionnelle de type agronomique et une brève caractérisation de la roche-mère à l'origine du sol ont été effectuées. Un type de légende original a été conçu qui contient l'essentiel des informations suivantes : l'origine géologique des sols, le degré d'évolution du sol, la profondeur moyenne d'enracinement et le degré éventuel d'excès d'eau.

Estimation du réservoir hydrique

La réserve en eau du sol (RU) a été estimée par tranches de 10 cm de sol (réserve décimétrique) dans les profils pédologiques en tenant compte de la texture, de la quantité d'éléments grossiers (cailloux, graviers) et de la colonisation racinaire (Letessier et Fermond, 2004).

Étude climatique

Les paramètres climatiques sont mesurés et enregistrés régulièrement dans les stations météorologiques. Bien que la densité des stations de mesure soit déjà importante, l'extrapolation des valeurs relevées à l'ensemble du territoire n'est pas envisageable sans tenir compte des conditions topographiques et géomorphologiques locales. L'utilisation de modèles a permis de répondre à ces besoins. Le modèle numérique d'altitude (MNA25) de 25 m de résolution, distribué par l'Office fédéral de topographie, est utilisé comme donnée de base lors de la mise en œuvre des modèles de rayonnement et de température. Le rayonnement solaire potentiel est modélisé grâce à un programme, *Solar Analyst*, implémenté comme extension du logiciel Arcview, sur différentes périodes caractéristiques du cycle végétatif de la vigne (débourrement, floraison ...). Il y intègre l'effet du relief environnant (pente, orientation et ombre projetée) et la hauteur du soleil sur l'horizon durant la période considérée. Quant à l'effet du vent, il est estimé par la configuration du relief et les directions principales fournies par une cartographie régionale. Dans le cadre de l'étude vaudoise, la répartition pluviométrique provient d'une régionalisation des informations collectées dans les stations de mesure du réseau *Météosuisse* (valeurs pluviométriques mensuelles des trente dernières années des stations proches ou à l'intérieur du vignoble). Au Tessin et en Valais, la répartition pluviométrique n'est pas essentiellement due au facteur altitudinal, mais étroitement dépendante de la circulation des masses d'air aux abords des Alpes. Des adaptations ont été nécessaires pour pouvoir en apprécier les effets. Au Tessin, les cartes réalisées proviennent d'une régionalisation empirique, plus réaliste que tous les

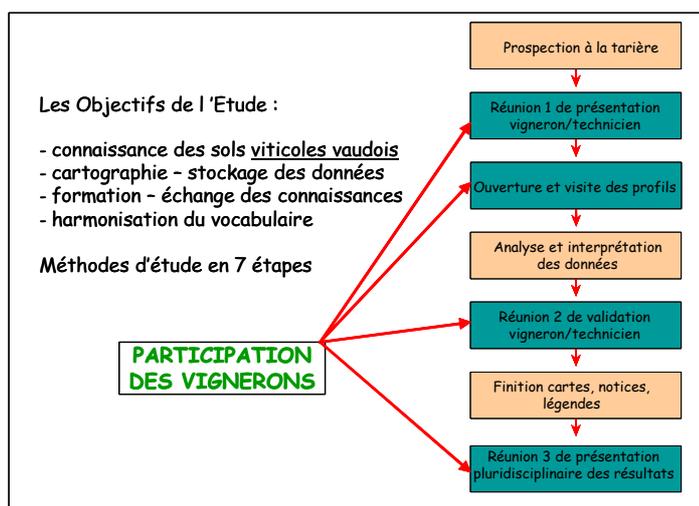


Figure 1 Les sept grandes étapes des différentes phases d'acquisition et de traitement de l'information.

modèles existants. En Valais, l'étude des effets des vents, particulièrement importante, a par ailleurs fait l'objet d'une recherche empirique et bibliographique importante, vu le manque d'informations synthétiques existantes. La méthodologie adoptée pour la modélisation du microclimat vaudois est synthétisée dans la figure 2.

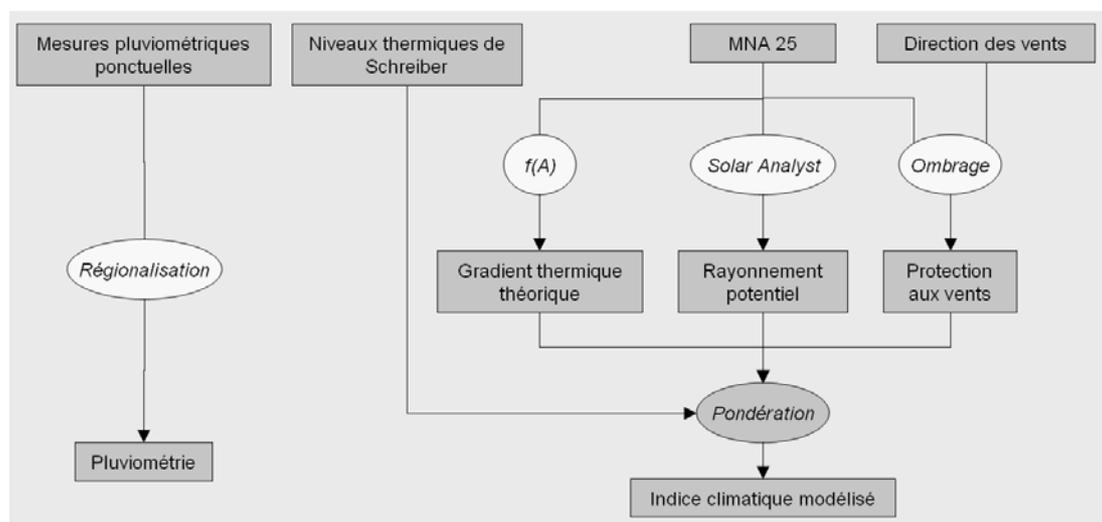


Figure 2 Méthodologie utilisée pour la modélisation du microclimat (canton de Vaud).

Étude de la plante

Dispositifs expérimentaux

L'étude du comportement de la vigne a été réalisée au moyen de réseaux de parcelles réparties dans les principales entités pédoclimatiques d'une région ou d'un canton. Dans le canton de Vaud, un réseau d'une cinquantaine de parcelles (cv. Chasselas greffé sur 3309C) a été suivi de 2001 à 2003. Un réseau de 125 parcelles d'essai (250 m²) a été mis en place en 2003 dans différentes situations pédoclimatiques du canton de Vaud. Ce réseau comprend 50 parcelles plantées avec deux cépages modèles; le Gamaret et le Doral qui sont deux nouveaux cépages développés par la station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW. 75 autres parcelles recouvrant huit différents cépages (Garanoir, Diolinoir, Merlot, Pinot noir, Galotta, Pinot gris, Gewürztraminer et Viognier) complètent ce dispositif expérimental. Le porte-greffe utilisé pour l'ensemble de l'étude est le 3309C. Les parcelles étudiées sont conduites en espalier (Guyot simple avec un plan de palissage vertical). Depuis 2007 et pour trois millésimes consécutifs, une étude du comportement viticole et œnologique est conduite sur ce réseau. Au Tessin, un réseau d'une cinquantaine de parcelles de Merlot fait l'objet d'une étude de comportement viticole et œnologique depuis 2006.

Mesures expérimentales

- Régime hydrique de la vigne

La mesure des potentiels hydriques (Ψ) a été effectuée au moyen de la chambre à pression ou bombe de Scholander (Scholander *et al.*, 1965), principalement de nuit, à l'obscurité sur des feuilles adultes de rameaux principaux. La discrimination isotopique du carbone dans les sucres des raisins (δC^{13}) a été dosée sur un échantillon de moût obtenu à partir d'un prélèvement de trois cents baies à maturité par parcelle.

- Suivis végétatifs et maturation du raisin

Les principaux stades phénologiques (débourrement, floraison, véraison) ont été notés. La vigueur de la vigne a été estimée par le poids individuel des sarments à la taille. L'arrêt de la croissance végétative a été mesuré durant la maturation sur les apex des entre-cœurs. Le suivi de la maturation des raisins a été réalisé hebdomadairement depuis le mois d'août pour analyser l'évolution du poids des baies, de la teneur en sucres et en acidité des moûts, ainsi que l'indice de formol (azote assimilable par les levures).

- Vinification et analyse sensorielle

Les différentes parcelles de Merlot conduites au Tessin ont été vinifiées et dégustées depuis 2006. Dans le canton de Vaud, le projet "adaptation des cépages aux divers terroirs vaudois" comprend également la vinification et l'analyse sensorielle des différents sites et cépages à l'étude depuis 2007. Des analyses du pouvoir tannant des pépins et des vins sont aussi réalisées.

Résultats et Discussions

Étude pédologique

1. Canton de Vaud

- Un vignoble modelé par le glacier du Rhône

Le rôle du glacier du Rhône est fondamental par son empreinte : il a modelé l'ensemble du vignoble vaudois par ses dépôts que sont les moraines. Ainsi la grande majorité des sols, soit plus de 60% des surfaces en vigne, sont issus de la moraine alpine (Letessier et Fermond, 2004).

On distingue les moraines latérales caillouteuses, formées de cailloutis mixtes (30-60% d'éléments grossiers siliceux et calcaires), les moraines de fond généralement peu caillouteuses mais parfois très compactes qui ont été soumises à de très fortes pressions, et les moraines de retrait et/ou de formation fluvio-glaciaire (peyrosols) qui sont plus gravelo-caillouteuses et très perméables.

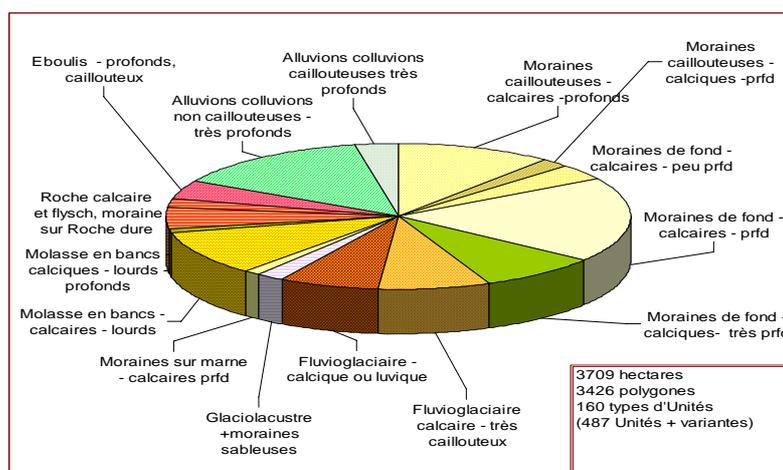


Figure 3 Répartition des unités de sol au niveau du canton (regroupements).

- Les terroirs de roches anciennes : les molasses et les calcaires

Dans le vignoble vaudois, on trouve toute la palette des molasses préalpines telles que les marnes gréseuses, grès en bancs massifs, poudingues ou sables gréseux. Les roches vieilles de 15 à 35 millions d'années, supportent près de 15% des sols viticoles du canton de Vaud pratiquement sous couverture morainiques.

- Les terroirs de couverture : les éboullis, les alluvions et colluvions récentes.

Les éboullis proviennent des falaises calcaires dominantes dont les roches se fragmentent depuis la fin des glaciations (exemple dans le Chablais). Les colluvions (sols de dépôts fins de bas de pente) et les alluvions récentes représentent environ 17% des sols viticoles vaudois. La figure 3 montre la répartition des unités de sol du canton de Vaud.

2. Canton du Tessin

Une grande variété de sols est observée au Tessin. Dans le Sopraceneri, la majorité du vignoble est constitué d'éboullis de versants de vallées fluvio-glaciaires, entaillées dans un énorme dôme de gneiss. Ce sont des sols très noirs en surface, issus de roche-mère meuble et caillouteuse (moraine latérale ou éboullis), acides et très désaturés. On trouve des sols alluviaux gris dans la plaine.

Dans le Mendrisiotto, de nombreux sols viticoles sont issus de la moraine ou de l'altération des roches sous-jacentes contenant des traces de calcaire. On observe des moraines de fond très compactes mais aussi des moraines frontales ou latérales très caillouteuses. Au pied des escarpements calcaires et dolomitiques s'étendent des sols issus d'éboullis, tandis que dans la plaine du Mendrisiotto ce sont des

replats colluvionnés. La variété des sols est maximale dans le Luganese, avec en plus des types de sols déjà mentionnés, des émergences localisées de terrains volcano-sédimentaires.

3. Canton du Valais

Le Valais avec ses 5400 ha de surface viticole possède une grande diversité de sols qui sont décrits ci-dessous (Letessier et Marion, 2007). Les sols peu ou moyennement profonds sur schistes et calcaires divers couvrent près de 1000 ha. Les schistes sont issus de roches métamorphiques qui se présentent sous forme de feuillets. On retrouve également des sols caillouteux et profonds d'éboulis calcaires ou non un peu partout en Valais dont les éléments sont plutôt cristallins ou parfois très schisteux. Près de 1500 ha sont concernés par ce grand type de sol. Dans la région de Sierre-Salquenen, l'éboulement aux sols très calcaires représente une particularité de la région (600 ha). Les sols morainiques couvrent environ 650 ha dont la moitié sur moraines de fond. D'autres configurations particulières de plus petite extension se rencontrent dans le vignoble, telles que les loess (Fully, Saillon, Bramois), les grands cônes de déjection torrentielle, parfois très caillouteux (Chamoson, Ardon). Enfin, les colluvions et alluvions de plaine et de replats peu caillouteux concernent un peu plus de 600 ha.

Étude climatique

Le modèle numérique d'altitude a entre autres permis dans un premier temps de réaliser la cartographie des paramètres géomorphologiques du vignoble (altitude, pentes et orientations) (fig. 4). La cartographie des zones accidentées est moins précise que celles dont le relief est assez homogène. La modélisation du rayonnement solaire a montré des variations spatiales et temporelles intéressantes à l'échelle du vignoble. Les cartes réalisées représentent la quantité d'énergie reçue par le vignoble aux différentes périodes du cycle végétatif de la vigne. La régionalisation effectuée uniquement dans la zone viticole a permis d'apprécier les variations locales, dues à la fois à l'orientation et à la pente des versants, mais également à l'effet du relief environnant. Selon les saisons, des vignobles relativement plats reçoivent plus ou moins d'énergie selon l'angle d'incidence des rayons lumineux. Au printemps, les zones en pente sont favorisées par un soleil plutôt rasant, alors qu'en été les zones plus plates bénéficient d'un apport supplémentaire d'énergie solaire. Au Tessin et en Valais, l'étude du rayonnement solaire était particulièrement intéressante de part l'orientation très variée des coteaux viticoles, alors que dans le canton de Vaud, l'orientation du vignoble est plus constante. La figure ci-dessous présente des extraits des cartes de rayonnement potentiel pour les différentes périodes de végétation de la vigne réalisées dans le cadre de l'étude des terroirs vaudois.

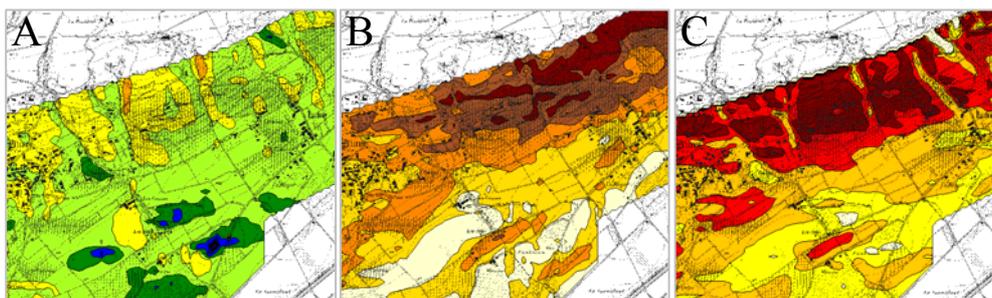


Figure 4 Extraits de cartes d'orientation (A) et de pente (B) des parcelles, ainsi que du rayonnement calculé (C).

La carte de la pluviométrie réalisée a permis d'apprécier le gradient pluviométrique présent dans chacun des vignobles étudiés. Dans le canton de Vaud, la pluviométrie moyenne annuelle varie quasi de 50% entre la région du vignoble des Côtes-de-l'Orbe et celle de la riviéra vaudoise (Vevey-Montreux) où la proximité du relief en fait la zone la plus arrosée du vignoble vaudois. En Valais, le gradient est également très marqué en remontant la vallée du Rhône en direction de la vallée de Conches. A l'aval de la cluse du Rhône, le climat du plateau prédomine; pluviométrie relativement élevée, avec une moyenne annuelle qui dépasse les 1000 mm d'eau. Le Valais central est protégé des perturbations venant de l'Atlantique et de la Méditerranée par les deux hautes chaînes des Alpes. Cette zone jouit donc d'une relative aridité. Au Tessin, la pluviométrie est influencée par la morphologie du terrain et la circulation des masses d'air aux abords des Alpes et ne dépend plus forcément de

l'altitude d'un point. La répartition de la pluviométrie durant l'année est également particulière; l'hiver est souvent très sec, engendrant outre des incendies de forêts fréquents, des problèmes physiologiques au débourrement. L'été est très humide avec des précipitations importantes en particulier durant la fin de l'été, empêchant d'ailleurs le mûrissement de cépages tardifs. Dans le cadre de l'étude vaudoise, un indice climatique est établi pour le vignoble vaudois, résultante de l'effet du rayonnement, du vent et de la variation thermique altitudinale. En Valais et au Tessin, il est construit sur la base d'une pondération impliquant l'effet du rayonnement solaire et de l'altitude. Cette méthode ne permet pas d'intégrer les variations microclimatiques à l'échelle de la parcelle, telles que vents locaux, descentes d'air froid, effets de cuvette ou du föehn, réverbération des parois rocheuses ou du lac, mais elle apporte un découpage relativement précis à l'échelle du vignoble et une caractérisation globale à l'échelle cantonale. Sa valeur est davantage d'ordre qualitatif que quantitatif. Les essais de validation de l'indice climatique par les résultats de l'étude écophysiological conduite sur le réseau de parcelles viticoles, ont mis en évidence des corrélations entre les paramètres microclimatiques et le comportement agronomique de la vigne (débourrement, maturation). La figure 5 en illustre le principe.

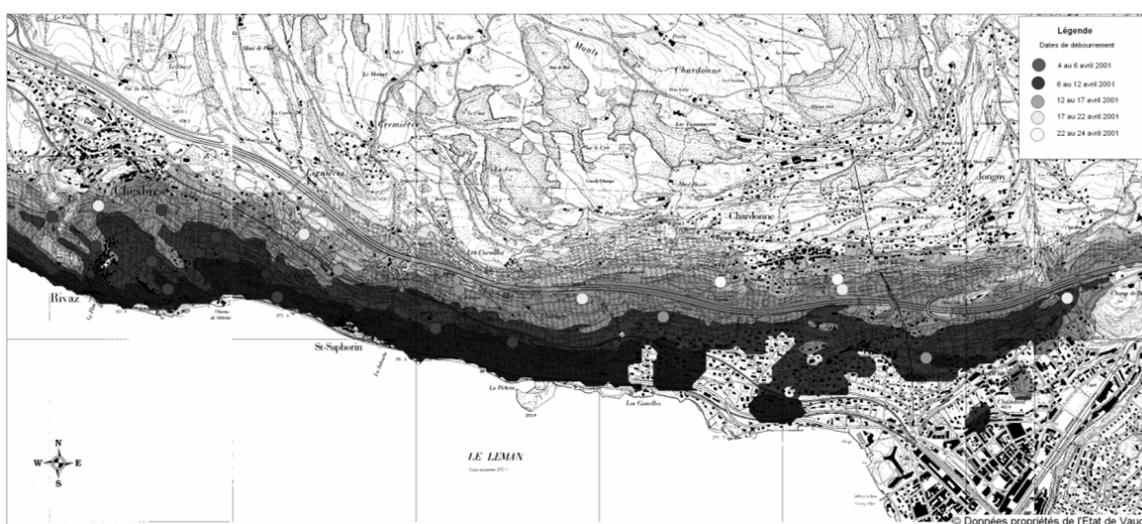


Figure 5 Validation de l'indice climatique printanier à l'aide de mesures sur la plante (dates de débourrement et indice climatique printanier, région de Lavaux).

Étude du comportement de la vigne

Étude des terroirs viticoles vaudois

- Comportement physiologique et agronomique du Chasselas (2001-2003)

Dans cette étude, le régime hydrique de la vigne a été particulièrement suivi, ainsi que les conséquences de l'alimentation en eau sur l'expression végétative et la maturation des raisins de Chasselas. Une bonne corrélation a pu être établie entre la réserve hydrique des sols (RU) et le régime hydrique de la vigne mesuré au cours de la saison (fig. 6) au moyen du potentiel hydrique foliaire. Ces résultats ont été par ailleurs confirmés par la technique de la discrimination isotopique du carbone (δC^{13}), utilisée sur les sucres des raisins, qui permet d'estimer indirectement les conditions d'alimentation en eau de la vigne durant la phase d'accumulation des sucres (maturation des raisins). Le régime hydrique de la vigne a largement influencé l'expression végétative (arrêt de croissance, vigueur individuelle des sarments) et la taille finale des baies. Les vignes soumises à une restriction modérée en eau ont, par ailleurs, montré des teneurs en sucres des baies plus élevées que les vignes caractérisées par une absence de stress hydrique. Ce résultat atteste le rôle bénéfique d'une contrainte hydrique modérée durant la maturation du raisin pour l'accumulation des sucres dans les baies et un arrêt précoce de la croissance végétative (autour de la véraison). L'étude du comportement de la plante a permis de valider la méthode utilisée pour la caractérisation des sols, en particulier celle de l'estimation du réservoir hydrique.

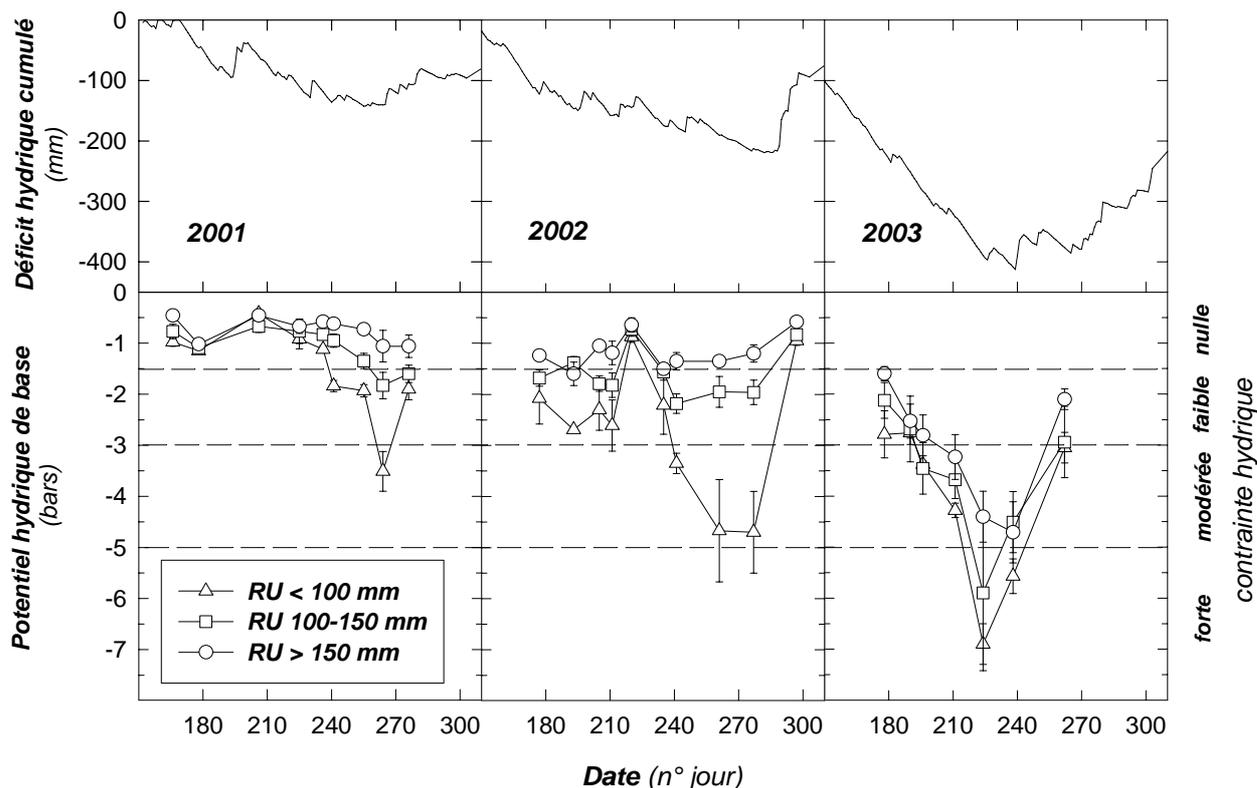


Figure 6 Évolution du déficit hydrique potentiel (précipitations-ETP) et du potentiel hydrique de base (Ψ_{base}) en relation avec la réserve utile en eau (RU) des sols. Barres verticales: erreur standard. Chasselas, La Côte (CH), 2001-2003.

- Adaptation des cépages aux terroirs viticoles vaudois (2007-2009)

Ce projet représente la troisième étape de l'étude des terroirs viticoles vaudois. Après avoir, dans un premier temps, caractérisé et cartographié les différents composants pédoclimatiques du vignoble vaudois, nous nous intéressons maintenant à l'adaptation des cépages aux différents terroirs du canton de Vaud. Cette étude vise à caractériser le comportement des cépages et la qualité sensorielle des vins en fonction des différents terroirs. Un tel projet tend, d'une part, à établir une hiérarchie qualitative du couple cépage-terroir, et également à définir et caractériser le type de vin produit par l'association cépage-terroir. Nous espérons ainsi pouvoir fournir aux acteurs de la filière vitivinicole une cartographie du potentiel qualitatif des entités de terroir pour un cépage donné.

Le suivi physiologique et agronomique des 125 parcelles du réseau ainsi que leur vinification ont débuté en 2007. Les mesures d'alimentation hydrique de la vigne n'ont pas pu mettre en évidence un quelconque stress hydrique sur

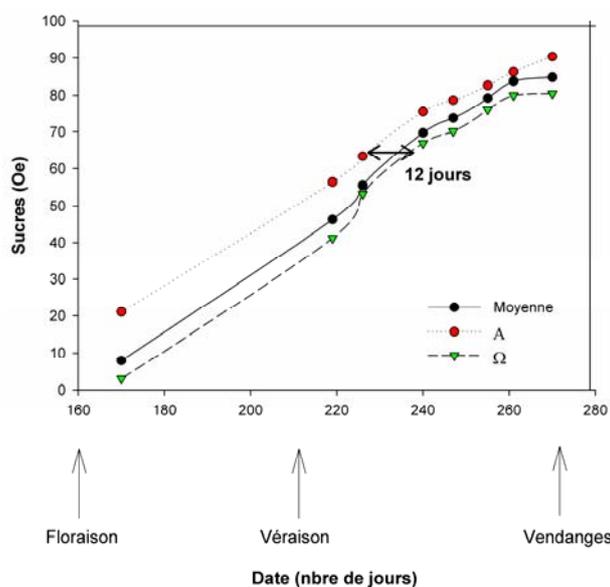


Figure 7 Cinétique de maturation, cv. Doral, 27 parcelles, 2007.

l'ensemble du réseau. Ce qui n'est pas surprenant en raison d'un millésime 2007 humide. En effet, la somme des précipitations des mois de juillet et août 2007 équivaut au double de la moyenne de celle-ci sur les trente dernières années. En observant la cinétique de maturation, on note une hétérogénéité en termes de précocité des différents terroirs. Par exemple dans le cas du cv. Doral, entre la parcelle alpha qui est la plus précoce et l'oméga la plus tardive, approximativement 12 jours les séparent (fig. 7). Il sera intéressant d'analyser l'effet de ce facteur lors de l'analyse sensorielle des vins.

- Étude des terroirs viticoles tessinois (2006-2008)

Dans ce projet, nous étudions l'importance des facteurs pédologiques (enracinement, réserve hydrique, type de sol) et climatiques sur la physiologie viticole (expression végétative, cycle végétatif, régime hydrique, évolution et maturation) et sur la qualité des vins. Dans les deux premières années de mesures, une étroite relation entre la somme des températures printanières et la date de débournement des parcelles du réseau a pu être établie. (fig. 8).

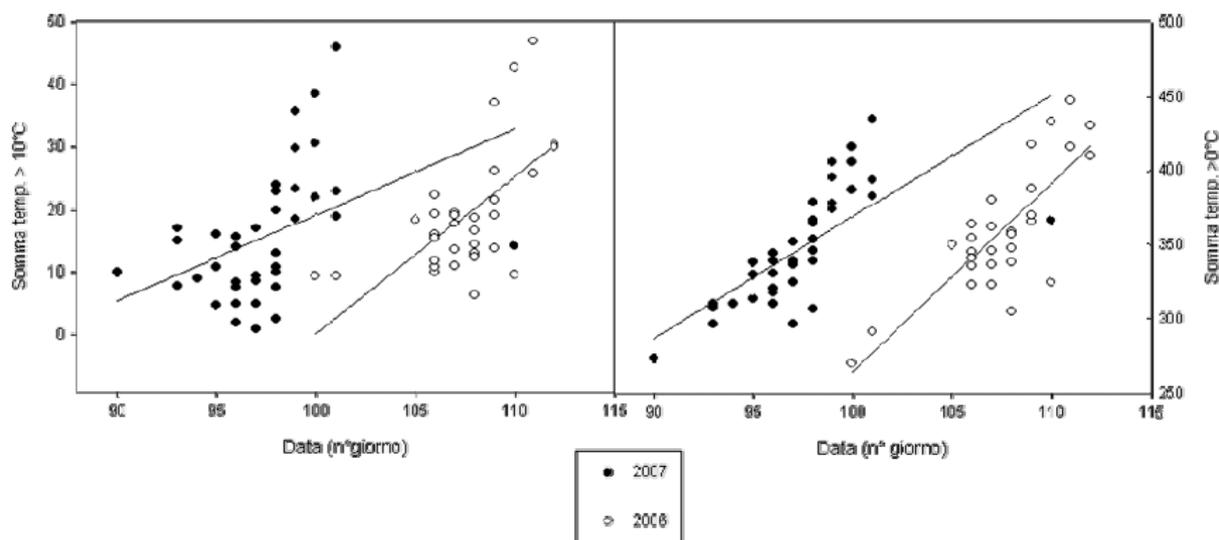


Figure 8 Relation entre la date de débournement et la somme de la température de l'air à partir du 1^{er} mars jusqu'à la date de débournement. Données de l'ensemble du réseau. Merlot, Tessin, 2006 et 2007.

Les conditions climatiques particulières du Tessin (forte pluviométrie) n'ont pas permis de relever des niveaux de contrainte hydrique modérée à forte, mais seulement de nulle à faible. Néanmoins, le régime hydrique a joué un rôle important sur l'expression végétative (vigueur des ceps) et l'accumulation des sucres des raisins. La figure 9 montre l'évolution de la teneur en sucre des raisins durant la maturation. On observe une meilleure accumulation des sucres dans les raisins des parcelles installées sur des petits réservoirs hydriques.

L'analyse chimique et sensorielle des vins issus des raisins du réseau étudié ont permis d'observer des différences qualitatives entre les diverses parcelles. Il nous est pourtant difficile de trouver un facteur explicatif à ces différences.

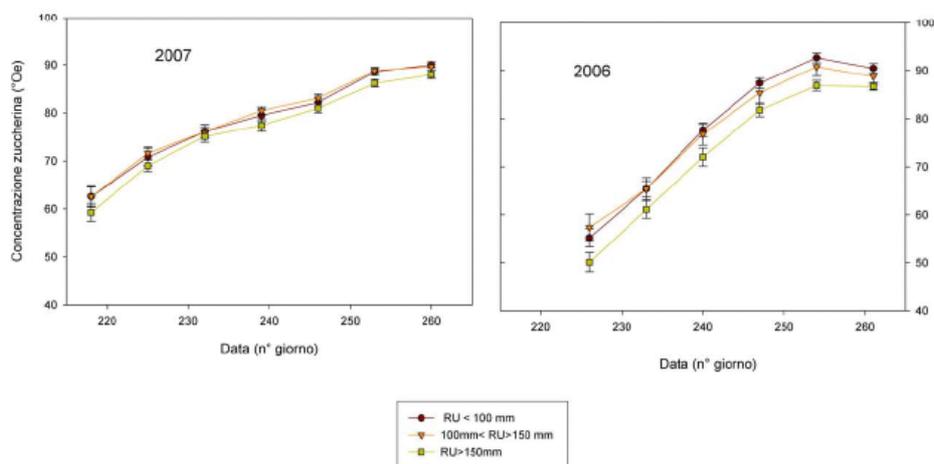


Figure 9 Évolution de la teneur en sucre des raisins en cours de maturation, sur l'ensemble du réseau de parcelles, regroupées par classe de réservoir hydrique. Merlot, Tessin (CH), 2006 et 2007.

Pour comprendre le fonctionnement des terroirs tessinois, des études approfondies sont encore nécessaires. Si le réservoir hydrique semble jouer un rôle important sur l'expression végétative et sur l'accumulation des sucres durant la maturation, il n'est pas un facteur explicatif majeur de la qualité des vins. La perméabilité des sols, leur texture et la profondeur d'enracinement sont autant d'éléments clés du comportement agronomique de la vigne qui sont à prendre en considération et qui influencent sans aucun doute la typicité et la qualité des vins de Merlot.

Conclusions

- La méthode de travail retenue pour la caractérisation des terroirs viticoles suisses tente d'intégrer l'ensemble des paramètres susceptibles d'expliquer le fonctionnement d'un terroir : d'un part, les facteurs naturels (géologie, pédologie et climat et, d'autre part, le comportement de la vigne qui est le principal révélateur de la valeur d'un terroir.
- L'étude du comportement de la vigne a indiqué une très bonne corrélation entre la physiologie de la plante (état hydrique, développement végétatif, poids des baies, accumulation des sucres) et la réserve en eau des sols. Cette observation permet d'affirmer que la méthode utilisée pour la caractérisation des sols est pertinente.
- L'étude de la plante a mis en évidence le rôle bénéfique d'une contrainte hydrique modérée durant la maturation du raisin pour l'accumulation des sucres et pour un arrêt précoce de la végétation.
- Le principal facteur qualitatif d'un terroir paraît être son aptitude à réguler l'alimentation en eau.
- Les résultats de l'étude peuvent être utilisés pour la gestion des techniques culturales (couverture des sols, choix des porte-greffes, etc.) dans le vignoble en relation avec la réserve hydrique des sols.
- La caractérisation des terroirs effectuée à ce jour ouvre des perspectives passionnantes dans l'optique d'étudier l'adaptation des cépages aux différents terroirs du vignoble suisse.

Bibliographie

- LETESSIER I. et FERMOND C., 2004. Étude des terroirs viticoles vaudois (Suisse), Géo-pédologie. Zone pilote de La Côte : Appellations Bursinel, Vinzel, Luins et Begnins. Rapports SIGALES, Études de sols et de terroirs, Letessier-Fermond, 38410 St Martin d'Uriage, 70 p.
- LETESSIER I. et MARION J., 2007. Étude des terroirs viticoles valaisans (Suisse). Étude géo-pédologique, partie générale, méthodologie. Rapports SIGALES, Études de sols et de terroirs, Letessier-Marion, 38410 St Martin d'Uriage, 123 p.

- PYTHOUD K., 2004. Étude des terroirs viticoles vaudois. 3. Modélisation des paramètres climatiques. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, Vol.36 (4), 10-14.
- MORLAT R., 1989. Le terroir viticole : contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Application aux vignobles rouges de la moyenne vallée de la Loire. Thèse Doctorat. État, Bordeaux II, texte 289 p. + annexes.
- SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.T., BRADSTREET E.D., HEMMINGZEN E.A., 1965. Sap Pressure in Vascular Plants. *Science*, 148, 339-346.
- SEGUIN G., 1983. Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. *Bull. O.I.V.*, 623, 3-18.
- VAN LEEUWEN C. et SEGUIN G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement végétatif et la maturation du raisin. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 28, 81-110.