



2. RÉGIME HYDRIQUE DE LA VIGNE ET MAÎTRISE DE L'IRRIGATION

PAR NICOLAS BERNARD
VIVELYS (Groupe OENEO)

RÉSUMÉ : Le régime hydrique de la vigne, défini comme l'évolution du niveau de contrainte hydrique vécu par la plante au cours de son cycle, est un facteur décisif de la qualité des raisins et des vins. La taille des baies de raisin, leur chargement en sucres, leurs potentiels phénolique et aromatique sont fortement influencés par le vécu hydrique de la vigne qui détermine également la capacité des raisins à donner des profils de vin d'intérêt, selon le positionnement de la date de récolte. Ces connaissances scientifiques, associées à la prise en compte des contraintes réglementaires, techniques, climatiques et agronomiques, permettent de définir une stratégie d'irrigation pour chaque parcelle. Il est en effet possible d'irriguer de façon corrective ou bien par anticipation. Dans tous les cas, le pilotage précis des apports d'eau nécessite des outils de mesure et de contrôle adaptés.

MOTS CLÉS : Vigne, régime hydrique, irrigation, pilotage, profil vin

inhibée plus ou moins tôt au cours de la journée. Pour la plupart des cépages, la valeur - 0,6 MPa (- 6 bars) en potentiel hydrique foliaire de base semble être le seuil à partir duquel la photosynthèse est significativement affectée (Carbonneau, 1998). À ce niveau de contrainte hydrique, la croissance végétative de la vigne est également fortement affectée, alors qu'en situation de contrainte hydrique modérée elle est simplement ralentie. Ces observations expliquent le fait qu'une contrainte hydrique modérée est nécessaire pour obtenir un bon chargement en sucres des raisins, condition indispensable à l'obtention d'une bonne qualité de vendange.

Contrainte hydrique	Potentiel foliaire de base	Photo-synthèse	Vigueur	Croissance végétative	Chargement en sucres
Nullité	0 à - 2 bars	Normale	Forte	Continue	Limité
Modérée	- 2 à - 6 bars	Normale	Moyenne	Ralentie	Optimal
Forte	< - 6 bar	Inhibée	Faible	Arrêtée	Limité

INTRODUCTION

Depuis plus de 30 ans, de nombreux travaux ont mis en évidence le rôle central de l'eau en viticulture. Plus précisément, les conséquences du régime hydrique de la vigne sur le développement de la plante, l'élaboration du rendement, la maturation des raisins et la qualité des vins sont désormais identifiées et connues. Ainsi, l'eau est considérée comme étant, après la température, le facteur le plus impactant du terroir. Or, si la température est difficilement pilotable au vignoble, il n'en est pas de même pour l'eau. Bien que dépendant des précipitations et du régime hydrique du sol, l'état hydrique de la vigne peut en effet se piloter au moyen d'apports d'eau artificiels : l'irrigation. Sujet souvent polémique et segmentant, la question de l'irrigation de la vigne revient régulièrement dans les débats, notamment dans le contexte actuel du réchauffement climatique mondial. Ce document a pour but d'aborder les aspects scientifiques et techniques de la question : comment les connaissances actuelles permettent-elles de gérer l'irrigation de la vigne ? Comment piloter concrètement les apports d'eau au vignoble ? Evidemment, le sujet de l'irrigation de la vigne nécessite d'autres niveaux de lecture : est-ce rentable ? Est-ce durable ? Quel est le coût de l'eau aujourd'hui ? Et dans 20 ans ? Quelles sont les solutions alternatives à l'irrigation ? D'un point de vue sociétal, faut-il utiliser de l'eau pour produire du vin, produit non indispensable à l'alimentation humaine ?

1. COMMENT LE RÉGIME HYDRIQUE DE LA VIGNE INFLUENCE-T-IL LA QUALITÉ DES RAISINS ?

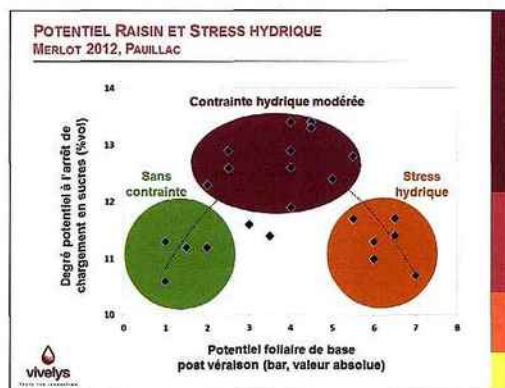
1.1. RÉGIME HYDRIQUE, VOLUME DES BAIES ET RENDEMENT

La taille des baies de raisin est fortement dépendante du régime hydrique de la vigne pendant la période floraison-véraison. La contrainte hydrique n'affecte pas la division cellulaire ; mais diminue le volume des cellules. Cette diminution peut être irréversible en fonction de l'intensité de la contrainte (Ojeda *et al.*, 2001). Ensuite, lors de la phase de chargement en sucres des baies, l'eau - apportée par le phloème - reste le facteur déterminant du rendement. Un régime hydrique non limitant entraînera une forte croissance des baies et, à l'inverse, une contrainte hydrique forte ne permettra pas aux baies de grossir : leur volume restera stable, voire diminuera, du fait de la réduction du flux phloémien (Greenspan *et al.*, 1996). Enfin, post-arrêt de chargement en sucres, le volume des baies reste sensible au régime hydrique de la vigne : une bonne hydratation de la plante permet, par le maintien de la pression hydrostatique du xylème, de limiter les risques de flétrissement des baies en minimisant le phénomène de back-flow xylémien (Keller *et al.*, 2015).

1.2. PHOTOSYNTÈSE, CROISSANCE ET CHARGEMENT EN SUCRES DES BAIES DE RAISINS

Le régime hydrique de la vigne agit sur la conductance stomatique et sur la photosynthèse. Ainsi, suivant le niveau de contrainte hydrique, la photosynthèse peut être réduite, voire totalement

Le graphique ci-dessous montre, sur un réseau de 21 parcelles de merlot, la relation entre le degré potentiel à l'arrêt de chargement en sucres des raisins et le niveau de contrainte hydrique de la vigne mesuré durant la maturation, exprimé par le potentiel hydrique foliaire de base (en valeur absolue). Sur les parcelles ne présentant pas de contrainte hydrique, du fait de la concurrence entre les puits de carbone (raisins et croissance végétative) et d'un effet dilution lié à des baies de plus grande taille, les raisins présentent un arrêt de chargement en sucres autour de 11,1 % vol. en moyenne. Sur les parcelles en situation de stress hydrique, l'inhibition de la photosynthèse induit un arrêt de chargement en sucres autour de 11,3 % vol. en moyenne, alors que sur les parcelles en contrainte hydrique modérée, l'arrêt de l'accumulation des sucres par les raisins survient autour de 12,9 % vol. en moyenne.

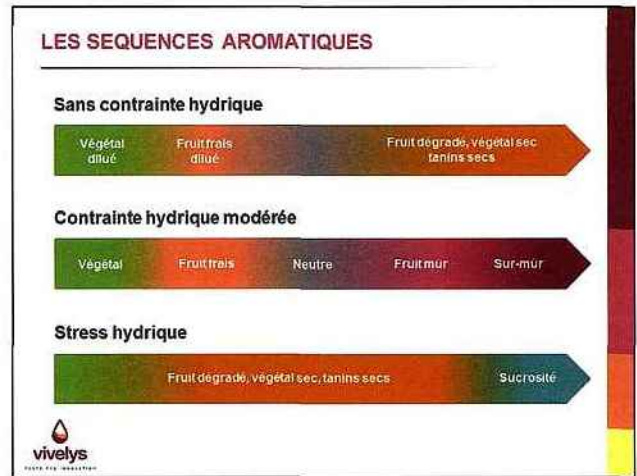
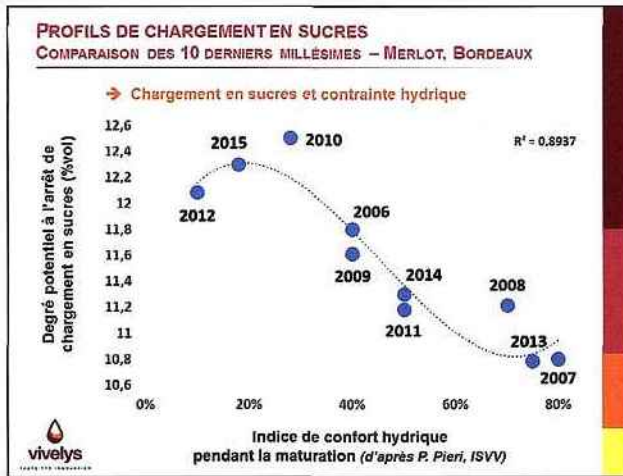


À plus grande échelle, le graphique ci-après présente le degré potentiel moyen à l'arrêt de chargement en sucres des raisins de 3 000 parcelles de merlot sur les 10 derniers millésimes, en fonction de l'indice de confort hydrique moyen durant la maturation. Les 3 millésimes présentant les plus hauts degrés potentiels à l'arrêt de l'accumulation des sucres par les raisins (2010, 2012 et 2015) sont ceux pour lesquels l'indice de confort hydrique est le plus faible (de 10 à 30 %), alors que les millésimes à très faible contrainte hydrique (indice de confort hydrique proche de 80 %) présentent les plus faibles degrés potentiels à l'arrêt de chargement des sucres par les raisins (2007 et 2013).

1.3. RÉGIME HYDRIQUE ET POTENTIELS PHÉNOLIQUE ET AROMATIQUE DES RAISINS

S'il impacte fortement l'accumulation des sucres (Wang *et al.*, 2003), le régime hydrique de la vigne influence également les métabolismes secondaires. Ainsi, une contrainte hydrique modérée pré-véraison stimulera la synthèse des tanins ; post-véraison, elle favorisera la synthèse des anthocyanes. Les seuils de contrainte sont spécifiques

CAHIER TECHNIQUE SPÉCIAL CONGRÈS



des cépages et il existe d'autres facteurs d'influence tels que l'alimentation azotée, l'exposition des raisins, etc.

Le potentiel aromatique des raisins est également sous l'influence du régime hydrique de la vigne. Par exemple, la synthèse des précurseurs de type thiols est favorisée par une contrainte hydrique faible (Peyrot des Gachons *et al.*, 2005). La rotundone, responsable des notes poivrées, semble également être favorisée par des niveaux de contrainte hydrique faibles (Geoffroy *et al.*, 2014). À l'inverse, la synthèse des composés terpéniques, et également celle de la β -damascénone (Bindon *et al.*, 2007), est favorisée par une contrainte hydrique modérée (El-Ansary *et al.*, 2005). Enfin, il faut noter que les raisins blancs issus de vignes sous contrainte hydrique modérée à forte produisent plus d'acide caftarique (Schüttler, 2013), facteur d'oxydation des moûts de raisins blancs.

2. COMMENT LE RÉGIME HYDRIQUE DE LA VIGNE INFLUENCE-T-IL LA QUALITÉ DES VINS ?

De nombreux travaux de recherche ont décrit le lien existant entre le régime hydrique d'une parcelle de vigne et le type de vin qu'elle produit. Globalement, l'absence de contrainte hydrique conduit à la production de vins au profil végétal, acide et dilué, alors que les vignes

en situation de stress hydrique produisent des vins de type sur-mûr, aux tanins secs et agressifs (Deloire *et al.*, 2005).

Afin d'approfondir ce sujet, il convient d'introduire la notion de potentiel-raisin, au sens de la capacité des raisins à donner des profils-vins d'intérêt ainsi que la question de l'influence de la date de récolte. Une contrainte hydrique modérée permet de produire des raisins dits de "bon potentiel", caractérisés notamment par un arrêt de chargement en sucres à un degré potentiel minimal (en moyenne 12 % vol., à ajuster selon le cépage). Ces raisins, au cours de la seconde phase de la maturation (post arrêt de chargement en sucres), sont aptes à suivre la séquence aromatique classique : ils vont passer d'un profil végétal à un profil fruit frais, puis à un profil fruit mûr et enfin un profil sur-mûr (Deloire, 2013). Cette évolution des profils-raisins au cours de la seconde phase de maturation n'est possible que si la contrainte hydrique reste faible à modérée. En effet, tout stress hydrique durant cette période viendrait dégrader la qualité des raisins (flétrissement, tanins secs, sur-maturité précoce, etc.).

Les raisins issus de parcelles en stress hydrique présentent un arrêt de chargement en sucres à plus faible degré potentiel, ce qui traduit un moindre potentiel des raisins. En effet, ces types de raisins n'évoluent pas selon la séquence aromatique classique : ils présentent rapidement

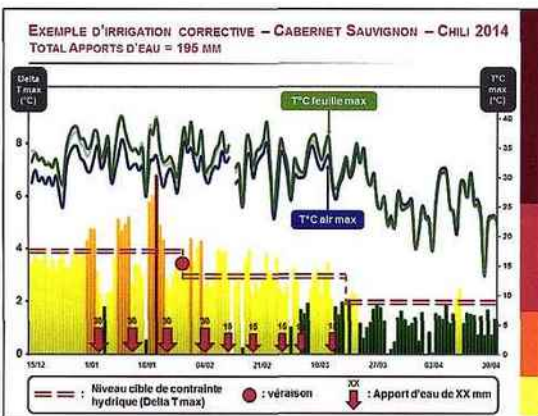


un profil aromatique de type fruits cuits, dégradés, associé à des notes de foin, de végétal sec. Les tanins sont rapidement secs et agressifs, seule la sucrosité augmente en fin de maturation. Ces raisins donnent des vins sensibles à l'oxygène qui présentent souvent une évolution oxydative précoce (arômes de type pruneau, figue). Les raisins issus de parcelles sans contrainte hydrique présentent également un arrêt de chargement en sucres à faible degré potentiel. Ils ne suivent pas non plus la séquence aromatique classique et passent rapidement d'un profil végétal, fruit frais, dilué, à un profil de type fruit cuit, dégradé aux tanins secs.

3. PEUT-ON MAÎTRISER LE RÉGIME HYDRIQUE DE LA VIGNE PAR L'IRRIGATION ?

3.1. DÉFINIR UNE STRATÉGIE D'IRRIGATION

Il convient, en premier lieu, de définir précisément les objectifs de production sur chaque parcelle qui sera irriguée. Ces objectifs peuvent être aussi bien œnologiques (style de vin, rendement) que viticoles (augmenter la vigueur, favoriser l'implantation du système racinaire, etc.). Une fois établis, ils permettent de définir un parcours hydrique "cible", c'est-à-dire le régime hydrique que doit suivre la vigne tout au long de son cycle afin de répondre aux objectifs fixés. Ensuite, procéder à l'analyse des contraintes permet de choisir la stratégie la plus adaptée. En effet, il existe des contraintes d'ordre réglementaire (arrêt de l'irrigation au 15 août, etc.), d'ordre technique (volume d'eau disponible, débit maximal journalier, etc.), d'ordre climatique (niveaux d'évapotranspiration potentielle, risques de stress thermique, pluviométrie, etc.) ou encore d'ordre agronomique (capacité de rétention en eau du sol, profondeur d'enracinement, etc.). Globalement, deux stratégies principales peuvent être mises en œuvre selon les situations : une stratégie corrective ou une stratégie anticipative.

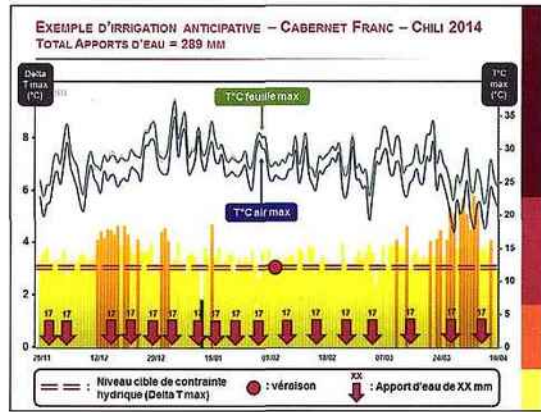


3.2. LA STRATÉGIE CORRECTIVE

Elle consiste à apporter de l'eau à la vigne lorsque celle-ci présente un niveau de contrainte hydrique supérieur à celui préalablement défini. Cette stratégie nécessite une forte réactivité. La fréquence de mesure de l'état hydrique de la vigne doit être adaptée (mesure quotidienne idéalement). Le système d'irrigation doit permettre d'apporter rapidement des quantités significatives d'eau (Par exemple, pour faire passer son potentiel hydrique foliaire de base de -4 bars à -3 bars, la vigne doit recevoir environ 25 mm d'eau) et le sol doit être capable d'accepter des quantités d'eau importantes. En pratique, cette stratégie est plutôt menée sur des vignobles à sols profonds, sous climat tempéré, lorsque l'évolution de l'état hydrique de la vigne est plutôt lente. Elle se traduit concrètement par des apports d'eau ponctuels significatifs (de l'ordre de 20 à 30 mm par apport). La mise en œuvre d'une stratégie corrective implique l'acceptation du risque que la vigne subisse entre deux mesures des périodes courtes de contrainte hydrique excessive.

3.3. LA STRATÉGIE ANTICIPATIVE

Elle consiste à apporter de l'eau à la vigne bien que celle-ci présente un régime hydrique correspondant au parcours hydrique "cible". Cette stratégie – la plus simple à mettre en œuvre – peut-être choisie lorsque les objectifs de rendement sont prioritaires et que le risque



de sur-irrigation est assumé, ou alors par contrainte, lorsque le réseau d'irrigation ne permet pas d'apporter des quantités d'eau suffisantes sur un temps court, ce qui interdit toute stratégie corrective. Également, en situation à risque de forte contrainte hydrique (sols très filtrants, ETP élevée, forte expression végétative), cette stratégie semble la plus adaptée. Concrètement, elle se traduit par des apports d'eau fréquents (chaque semaine, voire plusieurs fois par semaine) et de quantités faibles à moyennes.

3.4. AMÉLIORER LA STRATÉGIE D'IRRIGATION OU COMMENT APPRENDRE DE CHAQUE APPORT D'EAU ?

La stratégie d'irrigation mise en œuvre peut être améliorée au fur et à mesure des apports d'eau. En effet, la mesure de la réponse de la vigne et du sol à chaque apport d'eau permet de mieux comprendre le fonctionnement hydrique de la parcelle et d'ajuster éventuellement les choix techniques. Cependant, ce processus d'apprentissage et d'amélioration nécessite de connaître précisément les quantités d'eau apportées à chaque irrigation, ce qui en pratique n'est pas si évident. Des écarts de l'ordre de 30 % sont régulièrement constatés entre le volume d'eau "théorique" et celui réellement apporté. Des équipements simples (débitmètre) permettent d'accéder facilement à cette information. Également, s'ils ne permettent pas de piloter une stratégie d'irrigation, les divers capteurs mesurant l'état hydrique du sol constituent de bons outils de compréhension de la réponse du sol aux apports d'eau. Cette information est utile pour affiner le volume d'eau à apporter en fonction des types de sol, notamment afin d'éviter la formation de bulbes racinaires sous les goutteurs.

CONCLUSION

Dans les vignobles non irrigués, les situations de contrainte hydrique forte sont fréquentes et ce phénomène semble s'amplifier dans le cadre du réchauffement climatique mondial. Les conséquences immédiates de ces niveaux de contrainte sont une baisse des rendements, associée à des problèmes de qualité des vins. Ainsi se pose la question de l'irrigation des vignobles comme réponse la plus évidente. Or, si les connaissances actuelles permettent d'envisager une gestion précise des apports d'eau, il est fondamental de définir sur chaque parcelle une stratégie d'irrigation adaptée et d'y associer les outils de pilotage correspondants (mesure de l'état hydrique de la vigne, du sol, débitmètres, etc.) afin de parfaitement maîtriser cette pratique. Au-delà de ces aspects technico-scientifiques, il apparaît nécessaire de se poser la question de la cohérence et de la durabilité de l'irrigation des vignobles. En effet, l'irrigation est loin d'être une solution miracle, pas plus qu'elle ne constitue la réponse unique au problème du stress hydrique de la vigne. À l'heure où la ressource en eau devient rare dans certaines régions (Californie), la modification des pratiques viticoles (gestion de la canopée, travail du sol, etc.), et surtout l'adaptation du matériel végétal (cépage et porte-greffe) sont également des voies à développer, dans un souci de durabilité économique et environnementale du modèle de production. Certains destinent 5 000 m³ d'eau par hectare et par an à la production de sauvignons blancs variétaux en zone semi-désertique, tandis que des producteurs chiliens redécouvrent la qualité des carignans conduits en *secano* (sans irrigation).



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- K. Bindon, P. Dry and B.Loveys, 2007.
Influence of Plant Water Status on the Production of C₁₃-Norisoprenoid Precursors in Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon Grape Berries.
J. Agric. Food Chem, 55, 4493-4500.
- K. Bindon, C. Varela, J. Kennedy, H. Holt and M. Herderich, 2013.
Relationships between harvest time and wine composition in Vitis vinifera L. cv. Cabernet Sauvignon.
Grape and wine chemistry. Food Chem. 138, 1696-1705.
- A. Carbonneau, 1998.
Irrigation, vignoble et produits de la vigne.
Traité d'irrigation. Lavoisier, Paris, 257-276.
- A. Deloire, H. Ojeda, N. Bernard, J.J. Hunter and A. Carbonneau, 2005.
Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin.
Le Progrès Agricole et Viticole, N° 21, 455 - 462.
- A. Deloire, 2013.
Physiological indicators to predict harvest date and wine style.
Proceedings of 15th Australian WineIndustry Technical Conference, 47-50.
- D. O. El-Ansary, S. Nakayama, K. Hirano and G. Okamoto, 2005.
Response of Muscat of Alexandria table grapes to post-veraison regulated deficit irrigation in Japan.
Vitis 44 15-9.
- O. Geffroy, T. Dufourcq, D. Carcenac, T. Siebert, M. Herderich and E. Serrano, 2014.
Effects of ripeness and viticultural techniques on the rotundone concentration in red wine from Vitis vinifera L. cv. Duras.
Aust. J. Grape Wine Res., 20, 401-408.
- M.D. Greenspan, H.R. Schultz and M.A. Matthews, 1996.
Field evaluation of water transport in grape berries during water deficits.
Physiologia Plantarum 97, 55-62.
- M. Keller, Y. Zhang, P.M. Shrestha, M. Biondi and B.R. Bondada, 2015.
Sugar demand of ripening grape berries leads to recycling of surplus phloem water via the xylem.
Plant, Cell and Environment 38, 1048-1059.
- H. Ojeda, A. Deloire and A. Carbonneau, 2001.
Influence of water deficits on grape berry growth.
Vitis 40, 141-145.
- C. Peyrot des Gachons, C. Van Leeuwen, T. Tominaga, J.P. Soyer, J.P. Gaudillère and D. Dubourdieu, 2005.
Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aromatic potential of Vitis vinifera L. cv. Sauvignon blanc in field conditions.
Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 85 73-85 73.
- A. Schütter, 2013.
Influencing factors on aromatic typicality of wines from Vitis vinifera L. cv. Riesling.
Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 2 et Université de Giessen.
- Z.P. Wang, A. Deloire, A. Carbonneau, B. Federspiel and F. Lopez, 2003.
Study of sugar phloem unloading in ripening grape berries under water stress conditions.
J. Int. Sci. Vigne et Vin. 37, 4, 213 - 222.