

Le flétrissement, la perte d'eau et la mort cellulaire des baies de raisin : un défi grandissant pour les viticulteurs dans le contexte du changement climatique

>>> La déshydratation des baies en fin de maturation est un phénomène majeur causé par la perte d'eau des baies par suite d'une altération de leur balance hydrique. Cette altération apparaît quand les flux liés à la transpiration et au reflux potentiel d'eau vers la plante excèdent ceux de l'entrée d'eau dans la baie via le phloème et le xylème. Le flétrissement des baies peut avoir un impact économique significatif, avec une réduction des rendements $\geq 25\%$, et des conséquences sur la composition des baies et sur le vin qui en résulte. L'apparition de ce phénomène et ses conséquences seraient amenées à s'intensifier à cause du changement climatique prévu, lequel causerait un décalage des stades de développement et de maturation des baies vers des périodes plus chaudes (c'est-à-dire des canicules et des épisodes de sécheresse). <<<

Le flétrissement des baies est un phénomène de perte de poids des baies de raisin, pouvant se produire à différents stades de développement, que ce soit avant la véraison, c'est-à-dire dès la floraison (touchant alors les ovaires) ou après la véraison. Il est établi que le phénomène de flétrissement concerne les cépages rouges et blancs (Cabernet Sauvignon, Zweigelt, Barbera, Grenache, Sémillon, Sauvignon blanc, Syrah et autres cépages) sans distinction¹. Quatre types de flétrissements des baies sont signalés dans la littérature :

1/ L'échaudage avant ou après la véraison, causant une faible pigmentation/coloration chez les cépages rouges dans les cas sévères ; 2/ La déshydratation de fin de saison (LSD), caractérisée par la mort cellulaire et la perte d'eau des cellules du mésocarpe conduisant à une augmentation de la concentration des sucres solubles totaux (TSS) ; 3/ La nécrose de la rafle, caractérisée par la présence de tissus nécrotiques au niveau du rachis pouvant atteindre les pédoncules, les « épaulés » ou même l'ensemble de la grappe. La nécrose de la rafle peut se produire dès la floraison, ou plus tard après la véraison, avec des effets variables sur la composition du raisin² ; 4/ Le désordre d'accumulation des sucres, conduisant à la formation de baies frêles à forme irrégulière, avec une faible masse de matière fraîche, et une accumulation réduite des anthocyanes et des sucres.

Le type de flétrissement le plus commun dans les climats plus chauds est la LSD. Bien que la LSD varie d'une saison, d'un lieu et d'un vignoble à l'autre, elle semble s'accélérer dans des conditions de plus fortes températures, de déficit de pression de vapeur (VPD) plus important, de contraintes et/ou stress hydriques et d'exposition excessive des grappes au soleil. La LSD peut être attribuée à la déshydratation et la perte de vitalité des cellules de la baie, résultant en des pertes de rendement, de qualité et de rentabilité³. Chou *et al.*⁴ ont indiqué que la LSD peut entraîner une perte de 30-70 % de la masse de matière fraîche des baies de Syrah.

La plupart des publications sur le développement de la baie présentent des résultats obtenus à partir d'un ensemble de baies, incluant un mélange de baies à différents stades de développement (Figure 1). Bien qu'elles soient chronophages, les mesures individuelles (baie par baie) de paramètres tels les sucres solubles totaux (TSS), la masse de matière fraîche (g),

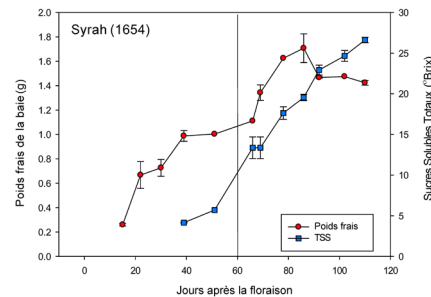


Figure 1. Variations du poids frais (g) et des sucres solubles totaux des baies de Syrah cultivées en climat chaud, au cours du temps. La perte de poids frais se produit généralement environ 80-90 jours après la floraison. La perte en eau de la baie entraîne une concentration des sucres existants.

les acides organiques, la mort tissulaire et cellulaire de la pulpe/la concentration interne en oxygène de la baie sont des prérequis pour améliorer la compréhension de l'accumulation et de la perte des métabolites de la baie, au cours de ses différents stades de développement. Cet article présente de nouveaux résultats relatifs à la LSD, obtenus par une analyse individuelle de baies provenant de différentes grappes de Syrah. Les baies commencent à se charger en sucres dès le début de la véraison (ramollissement des baies) jusqu'à ce que la concentration en sucres par baie atteigne un plateau 26 jours plus tard⁵. Le plateau du chargement en sucres apparaît généralement à une concentration de 1-1,2 M (titre alcoométrique volumique potentiel de 10-12 % ; 18- 20°Brix), indépendamment du cépage. Parallèlement à l'accumulation des sucres, le volume du fruit augmente via le chargement en eau (mais sans impliquer nécessairement une relation linéaire).

À partir de l'apparition du plateau d'accumulation des sucres (seconde phase de maturation de la baie), l'augmentation de la concentration en sucres (°Brix) est principalement due à la perte d'eau de la baie⁶. Dès lors que la balance hydrique de la baie est perturbée par un déséquilibre entre le chargement en eau et la transpiration ou le reflux d'eau vers le pied de vigne, la baie peut subir un flétrissement chez certains cépages comme la Syrah. Ainsi, la concentration en sucres de la baie est représentée par une équation reliant la quantité totale de sucres accumulés dans la baie (mg/baie) et le volume de la baie. Une étude récente réalisée sur des baies normales vs des baies flétries de Syrah (analyse baie par baie), toutes prélevées à partir de la même grappe et à la même date (vignoble de l'Institut Agro, Montpellier ; vignes conduites en Espalier, sous fertirrigation), illustre clairement la perte globale de poids frais de la baie, accompagnée d'une augmentation du °Brix dans les baies flétries, en comparaison avec celui de baies normales (Figure 2). Les résultats révèlent l'existence d'une relation significative mais faible entre la masse de matière fraîche de chaque baie et sa propre concentration en sucres, exprimée en °Brix, que ce soit au niveau des baies flétries ou des baies normales (Figure 3), confirmant d'autres résultats publiés récemment⁷.

Il a été démontré qu'une hypoxie (faible concentration en oxygène) dans le mésocarpe de la baie (figure 4) pourrait contribuer au début de la mort cellulaire³. De précédentes études ont montré qu'une température élevée et une irrigation déficitaire peuvent exacerber l'ampleur de la mort cellulaire et la déshydratation de la baie. Ces conséquences peuvent être atténuées par l'ombrage des baies.

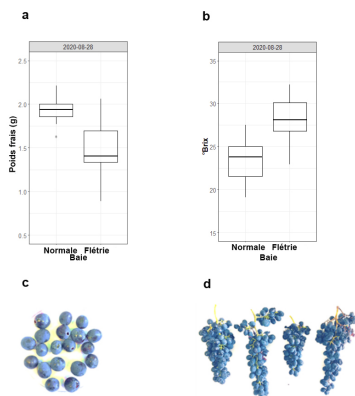


Figure 2. Représentation statistique du poids frais de la baie (a) et la valeur associée de la concentration en sucres (°Brix) (b) des mêmes baies normales (c) et flétries (d) (mesures effectuées baie par baie). Cette figure illustre la perte globale de poids frais de la baie et l'augmentation associée de la valeur °Brix au niveau des baies flétries en comparaison avec les baies normales.

Le flétrissement des baies exerce un effet majeur sur les raisins de Syrah et la composition du vin, mais les modifications observées dépendent du type de flétrissement⁴. Les vins produits à partir de raisins parmi lesquels 80 % des baies ont subi une LSD ont présenté des titres alcoométriques volumiques plus élevés (plus de 1 % vol), une augmentation de la teinte, une évolution précoce de la composition chimique et une diminution de l'intensité colorante. Une augmentation de la teinte du vin correspond à une couleur virant du pourpre à l'orange, alors que l'évolution précoce de la composition chimique se rapporte au degré de polymérisation des anthocyanes et des tanins. Ainsi, la LSD accentue l'évolution de la couleur des vins rouges et diminue ainsi le potentiel de vieillissement du vin. De plus, la teneur en anthocyanes était plus faible dans les vins produits à partir de raisins flétris⁴. La LSD a également altéré la composante volatile du vin, réduisant les concentrations de certains acétates d'alcool supérieurs et de la bêta-damascénone (composé exhausteur de l'arôme fruité), tout en augmentant les concentrations de γ -nonalactone et de massoia lactone. Ces deux composés sont connus pour leur contribution aux arômes de fruits cuits et de prune des vins rouges à vieillissement prématuré. Enfin, la LSD a exercé un effet sur les caractéristiques sensorielles du vin. Les vins issus de raisins ayant subi la LSD ont été marqués par une perception accrue de fruits confits, et étaient plus alcoolisés et astringents². Plus généralement, des composés tels que la gamma-nonolactone, la massoia lactone, le furanéol, l'homofuranéol, la 3-méthyl-2,4-nonanedione et la [Z]-1,5-octadien-3-one semblent contribuer au caractère de fruits secs des vins produits à partir de raisins déshydratés². Il convient de noter que la maturité tardive ne s'accompagne pas toujours d'un flétrissement des baies et de concentrations élevées de marqueurs chimiques liés aux arômes de fruits secs.

■ Alors, quelles techniques avons-nous à notre disposition pour limiter/éviter la perte d'eau des baies post-véraison et finalement leur flétrissement ?

. Protéger la zone des grappes avec des feuilles pour limiter la transpiration des baies et améliorer le microclimat de la grappe en termes de VPD (déficit de pression de vapeur). Toutefois, il faut également tenir compte du fait que les vignes très vigoureuses aux canopées larges peuvent subir

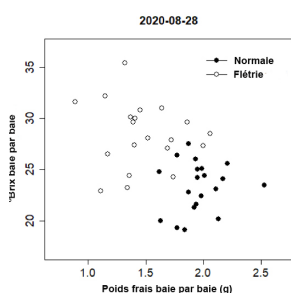


Figure 3. La relation entre le poids frais de la baie (mesure baie par baie) et la valeur du °Brix (concentration en sucres) de la même baie est significative, mais pas assez prononcée, que ce soit pour les baies normales ou les baies flétries. Ceci illustre : i) l'interaction complexe entre la quantité de sucres contenue dans la baie et son volume ; ii) et que pour une date spécifique d'échantillonnage, les baies ne sont pas au même stade de développement-maturation pour ces paramètres.

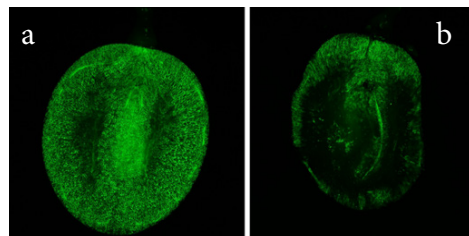


Figure 4. Images en fluorescence de la surface d'une coupe de baie (coupe longitudinale selon l'axe central de la baie) colorée à l'aide du diacétate de fluorescéine (FDA). Les cellules vivantes intactes présentent une fluorescence de couleur verte. Une baie turgescente présente des cellules saines/intactes dans la zone du mésocarpe (a). Une baie flétrie présente de larges zones noires indiquant une mort cellulaire (b). Les barres d'échelle correspondent à 2 mm.

un stress hydrique plus important en cas de forte chaleur si l'absorption par les racines est insuffisante pour répondre à la demande en eau de la vigne.

. Appliquer une contrainte hydrique modérée de la nouaison à la véraison pour forcer la vigne et ses grappes à s'adapter à une contrainte hydrique tout au long de la saison (les baies plus petites sont susceptibles de subir une moindre perte de poids totale).

. Protéger la vigne par l'irrigation avant les canicules pour limiter le reflux de l'eau des baies vers la plante, en gardant à l'esprit qu'après le plateau d'accumulation des sucres dans la baie, l'irrigation pourrait ne pas limiter la perte d'eau des baies. (Cependant, il a été démontré que la pluie pendant la phase de flétrissement peut ralentir le rythme de la perte de poids par absorption directe de l'eau par la pellicule).

. Protéger les vignes en les ombrant ou en leurs appliquant sur feuilles par pulvérisation une protection solaire (comme le kaolin). ■

Alain Deloire¹, Suzy Rogiers², Katja Šuklje³, Guillaume Antalick⁴, Xiao Zeyu⁵, Anne Pellegrino¹,

¹ Montpellier University, L'Institut Agro (SupAgro-IHEV), France

² NWGIC, Department of Primary Industries-NSW, Australia

³ Agricultural Institute of Slovenia, Slovenia

⁴ University of Nova Gorica, Vipava, Slovenia

⁵ ARC Training Centre for Innovative Wine Production, National Wine and Grape Industry Centre, Charles Sturt University, Australia

1 Šuklje K., Zhang X., Antalick G., Clark A.C., Deloire A., & Schmidtke L.M., (2016). Berry Shriveling Significantly Alters Shiraz (*Vitis vinifera* L.) Grape and Wine Chemical Composition, *J. Agric. Food Chem.*, 64, 870–880, DOI:10.1021/acs.jafc.5b05158

2 Allamy, Darriet & Pons, 2017. Molecular interpretation of dried-fruit aromas in Merlot and Cabernet Sauvignon musts and young wines: Impact of over-ripening. *Food Chemistry*, 266, 245-253. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.06.022

3 Xiao, Z., Liao, S., Rogiers, S. Y., Sadras, V. O. & Tyerman, S. D., (2018). Effect of water stress and elevated temperature on hypoxia and cell death in the mesocarp of Shiraz berries, *Australian Journal of Grape and Wine Research* 24, 87-497,, <https://doi.org/10.1111/ajgw.12363>

4 Chou, H.-C., Šuklje, K., Antalick, G., Schmidtke, L. M., & Blackman, J. W., (2018). Late-season Shiraz berry dehydration that alters composition and sensory traits of wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66(29), 7750-7757. doi: 10.1021/acs.jafc.8b01646

5 Shahood R., Torregrosa L., Savoie S., Romieu C. (2020). First quantitative assessment of growth, sugar accumulation and malate breakdown in a single ripening berry, *Oeno One*, 4, 1077-1092, DOI:10.20870/oeno-one.2020.54.4.3787

6 Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Hatfield, J. M., Orchard, B. A. & Keller, M., (2006). Solute transport into Shiraz berries during development and late-ripening shrinkage. *American Journal of Enology and Viticulture* 57, 73-80.

7 Triolo, R., Roby, J. P., Plaia, A., Hilbert, G., Buscemi, S., Di Lorenzo, R., & van Leeuwen, C. (2018). Hierarchy of factors impacting grape berry mass: separation of direct and indirect effects on major berry metabolites. *American Journal of Enology and Viticulture*, 69(2), 103-112.