



Principes pour l'établissement d'un vignoble et stratégies pouvant retarder la maturation sous un climat en réchauffement

Trinidad Morales-Henríquez¹, Gastón Gutiérrez-Gamboa², Wei Zheng³ and Fernando Martínez de Toda⁴

¹ Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Camino La Pirámide 5750, Huechuraba 8580000, Chile

² Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias, Ingeniería y Tecnología, Universidad Mayor, Temuco, 4780000, Chile

³ Faculty of Functional Food and Wine, Shenyang Pharmaceutical University, China

⁴ Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Gobierno de La Rioja, Universidad de La Rioja), Carretera de Burgos, Km. 6. 26007 Logroño, Spain

Certaines stratégies viticoles peuvent offrir une solution naturelle pour atténuer les effets négatifs du réchauffement climatique en viticulture. Les décisions concernant les variables de la topographie du vignoble ainsi que le choix du porte-greffe, du cépage, du clone, du système de conduite, de l'orientation des rangs et de la pente peuvent être combinés. Ces choix permettent de retarder la maturation du raisin de quelques jours lorsqu'ils sont appliqués séparément et de quelques semaines s'ils sont appliqués ensemble. Ils peuvent être appliqués aux nouveaux vignobles ainsi qu'aux vignobles existants, car pour la plupart des producteurs de vins fins du monde entier, il n'est pas envisageable de replanter ailleurs.

Emplacement du vignoble

. Altitude

Les emplacements en altitude peuvent favoriser la qualité des raisins destinés à la vinification, car ils permettent au processus de maturation de se développer lentement. Les viticulteurs peuvent profiter de l'effet adiabatique puisque l'altitude peut produire une diminution de la température allant de 0,60 à 0,65 °C par 100 m d'élévation. Toutefois, les modèles climatiques prévoient une diminution de 0,41 à 0,49 °C par 100 m d'élévation vers la fin du siècle¹. Les raisins produits dans les vignobles d'altitude sont généralement équilibrés en termes d'acidité, d'azote, de composés phénoliques et volatils, et de teneur en solides solubles². Ces caractéristiques favorisent la production de vins à faible degré alcoolique et à haute qualité aromatique, acidité et fraîcheur. Néanmoins, certaines caractéristiques du terrain peuvent provoquer des distorsions climatiques, interrompant la continuité du refroidissement lié à l'altitude, comme le manque de précipitations, la faible nébulosité et le fort rayonnement solaire, qui sont typiques de certaines régions viticoles³. L'altitude est l'un des principaux facteurs qui affectent les dates de débournement et de floraison dans les environnements alpins, influençant la réponse de la vigne et le phénomène d'acrotonie. À mesure que l'altitude du vignoble augmente, les événements phénologiques ont une durée plus longue et peuvent produire une différence allant jusqu'à 21 jours en termes de date de récolte⁴. Cette information pourrait s'avérer critique à l'avenir puisque pour la période 2021-2099, la date de récolte pourrait diminuer de 3 jours par 100 m, entraînant une période de récolte plus concentrée¹.

. Latitude

Le changement climatique a également impacté la distribution des cépages dans les différentes régions viticoles. Les indices bioclimatiques suggèrent que le changement climatique aura des effets négatifs sur la culture de la vigne dans le sud de l'Europe, tandis qu'en Europe centrale et occidentale, il pourrait être bénéfique pour la qualité du vin et permettre l'utilisation de nouvelles zones pour la viticulture⁵. Des effets similaires sont observés au Chili, où la plantation de vignes augmente dans le sud ; par exemple, la surface des vignobles dans la région de l'Araucanie (37°35' à 39°37' de latitude sud) a augmenté de 953 % entre 2003 et 2020. Bien que la latitude puisse affecter les conditions thermiques du développement de la vigne, son effet dans une zone spécifique est pratiquement nul, mais il pourrait être intéressant si les viticulteurs veulent expérimenter et étudier de nouveaux terroirs ayant une identité territoriale.

. Pente

La pente peut influencer sur le mouvement de l'eau et l'érosion, le drainage du sol, la facilité de travailler au vignoble, la mécanisation et la facilité de la récolte. Les vignobles plats peuvent être sujets à des inversions

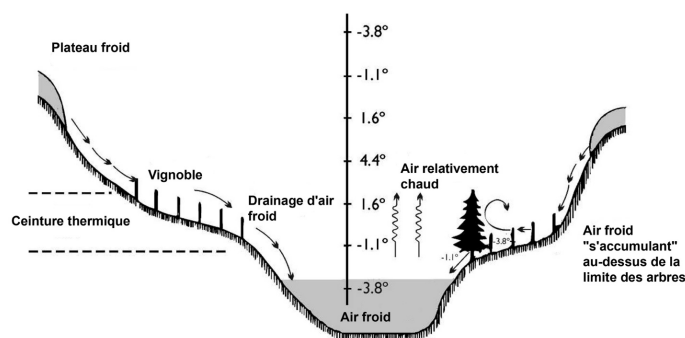


FIGURE 1. Effet de la topographie sur la stratification de la température de l'air pendant une période de refroidissement radiatif caractérisée par des vents calmes et un ciel dégagé. Figure publiée par Barclay Poling⁶.

d'air froid dans les zones de gel printanier, alors qu'une pente de 5-7,5 % permet un bon drainage de l'air (Figure 1)⁶. La pente peut augmenter l'érosion et les problèmes de mécanisation en raison du risque de renversement, et rendre la gestion de la vigne plus difficile. Le rayonnement reçu par les vignes peut être déterminé par la direction et l'inclinaison de la pente, ainsi que par l'altitude du vignoble.

Matériel végétal

. Cépages tardifs

Le cépage peut fortement influencer la maturation du raisin, une différence de près de 2 mois ayant été enregistrée entre la maturation la plus précoce et la plus tardive des cépages de l'AOC Rioja (Tableau 1). Ainsi, certaines régions viticoles devraient intégrer une proportion plus importante de cépages tardifs. Dans l'AOC Rioja, les surfaces cultivées en Graciano, Mazuelo et Garnacha devraient probablement être augmentées. À Bordeaux, la proportion de Cabernet Sauvignon devrait être augmentée car ce cépage arrive à maturité 2 semaines plus tard que le Merlot. Dans la Central Valley chilienne, il faudrait probablement augmenter la proportion de Carménère plutôt que celle du Cabernet Sauvignon, car il a un cycle de maturation tardif, comme le Petit Verdot et le Mourvèdre.

. Sélection des porte-greffes

Les porte-greffes ont une légère influence sur le cycle phénologique du greffon ; on estime que la différence en matière de date de récolte induite par les porte-greffes est d'environ 2 à 6 jours, selon le rendement du vignoble. Certains porte-greffes, tels que le 110 Richter, le 140-Ruggeri et le 1103 Paulsen, ont été considérés comme étant bien adaptés aux conditions thermiques et peuvent fournir un cycle végétatif long par rapport aux porte-greffes Riparia⁷.



TABLEAU 1. Date moyenne de récolte, paramètres physico-chimiques du moût et rendement de la vigne pour les cépages minoritaires cultivés dans l'AOC Rioja (Espagne) au cours des millésimes 2009 et 2010.

Cépage	Date de récolte	Solides solubles ("Brix)	pH	Acidité totale (g/L)*	Acide malique (g/L)	Acide tartrique (g/L)	Rendement (kg/vigne)
<i>Rouge</i>							
Moristel	29 Sept	19,7	3,25	6,27	2,45	4,94	5,01
Vidadillo	29 Sept	18,1	3,24	6,07	2,01	4,79	3,27
Alicante Bouschet	29 Sept	19,9	3,33	6,66	2,57	4,23	7,80
Mandón	30 Sept	21,4	3,37	5,47	1,67	5,08	4,75
Tinto Velasco	29 Sept	18,9	3,44	5,62	2,49	4,03	4,72
Agawan	16 Sept	21,8	3,20	6,76	1,72	4,84	1,26
Portugieser Blau	16 Sept	21,8	3,34	4,89	2,77	4,13	3,41
Morrastell Bouschet	29 Sept	17,7	3,26	5,85	2,35	4,76	5,44
Garnacha Roya	22 Sept	19,9	3,01	7,20	2,02	6,55	5,85
Trepas	29 Sept	18,0	3,10	6,43	2,33	4,72	7,72
Tempranillo Royo	16 Sept	24,0	3,30	5,65	2,83	4,04	4,95
Morate	29 Sept	22,1	3,32	6,72	3,10	5,13	7,59
Petit Bouschet	29 Sept	19,4	3,43	5,44	2,63	4,50	4,39
Maturana Tinta	29 Sept	23,1	3,85	4,81	2,37	3,30	3,35
<i>White</i>							
Garnacha Blanca	22 Sept	22,0	3,03	7,43	0,64	4,37	3,65
Malvasia de Rioja	28 Sept	20,7	3,31	5,78	0,66	3,45	4,39
Maturana Blanca	3 Sept	22,7	3,09	7,57	1,34	4,44	2,64
Tempranillo Blanco	3 Sept	23,3	3,25	7,40	2,07	3,39	2,60
Turruntés	28 Sept	21,7	3,22	6,37	1,22	3,19	4,26
Viura	25 Sept	21,7	3,17	6,30	0,97	3,49	4,93

*Equivalent g/L d'acide tartrique. Chaque valeur correspond à une moyenne entre les données obtenues lors des saisons 2009 et 2010.

• Cépages minoritaires et autochtones

La disparition d'un grand nombre de cépages et l'homogénéisation de la filière viticole ont provoqué une vulnérabilité génétique en matière d'acclimatation aux stress abiotiques et biotiques, à laquelle ces cépages ne sont pas bien adaptés. Les cépages minoritaires et autochtones possèdent de nombreuses ressources génétiques qui assureraient une meilleure performance face au réchauffement climatique et une résistance aux ravageurs et aux maladies. Dans l'AOC Rioja, les cépages minoritaires rouges les plus intéressants qui atteignent une acidité élevée et un pH faible sont le Garnacha Roya, l'Alicante Bouschet Trepas, le Morate et l'Agawan, et les cépages blancs les plus intéressants sont le Maturana Blanca et le Garnacha Blanca (Tableau 1). Sur cette base, les viticulteurs devraient considérer ces opportunités exceptionnelles pour apporter au marché du vin une large gamme de styles de vins avec une identité distinctive.

Système de conduite et orientation des rangs

Le système de conduite en gobelet pourrait atténuer les difficultés liées à la sécheresse et au stress thermique car il permet d'obtenir une végétation plus poreuse, avec plus de ventilation et un microclimat plus homogène que les systèmes à position verticale des rameaux. Dans ces conditions, rien ne s'oppose à ce que les feuilles soient déplacées par l'action du vent, ce qui modifie l'angle d'incidence du rayonnement solaire, permettant à la vigne de s'adapter à l'augmentation de la température par héliotropie (Figure 2). Les systèmes de conduite déterminent la hauteur des grappes et de la végétation au-dessus du sol⁸. L'élévation de la hauteur du tronc de 45 à 120 cm permet d'atteindre un retard moyen de maturité de 8 jours⁸. Le palissage pourrait jouer un rôle clé en atténuant ou en amplifiant les effets viticoles positifs et négatifs de l'orientation des rangs⁹. Il se peut que, contrairement au système de gobelet, le système de treillis avec positionnement vertical des rameaux ne dissipe pas le stress thermique. Il faut donc faire très attention lors du choix de l'orientation des rangs. Ces stratégies doivent être décidées lors de l'établissement du vignoble, afin qu'elles n'entraînent pas de coûts supplémentaires à la gestion annuelle du vignoble et qu'elles puissent être classées comme des stratégies viticoles préventives contre les effets négatifs du changement climatique.

Afin d'obtenir des fruits équilibrés à la récolte, le vignoble doit être orienté vers l'exposition la moins favorable au rayonnement solaire. Ainsi, la meilleure orientation des rangs serait celle qui intercepte le moins de rayonnement solaire au milieu de l'après-midi. Dans l'hémisphère sud, les rangs orientés d'est en ouest ont maintenu la plus faible interception de la

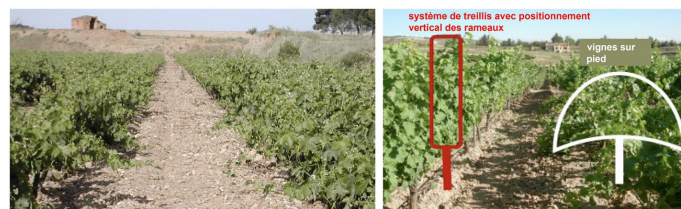


FIGURE 2. Gauche : Vignes sur pied (gobelet). Droite : Comparaison entre un système de treillis avec positionnement vertical des rameaux et des vignes sur pied.

lumière par la canopée, tandis que l'orientation du nord au sud a affiché les valeurs de microclimat lumineux les plus élevées, avec des pics le matin et l'après-midi. Récemment, il a été démontré que le potentiel hydrique foliaire était faible dans les vignes orientées du nord-est au sud-ouest dans l'hémisphère sud. Ce rapport a également conclu que les canopées orientées du nord au sud et de l'est à l'ouest présentaient généralement la photosynthèse moyenne la plus élevée¹⁰. Dans l'hémisphère nord, par rapport à l'orientation des rangs du nord-est au sud-ouest, les vignes orientées du nord au sud sont plus sensibles au stress thermique car, au milieu de l'après-midi, la face ouest du système de treillis reçoit le rayonnement solaire direct, ce qui coïncide avec les températures les plus élevées de la journée. Sur cette base, les rangs des nouvelles plantations de vignes devraient être orientés de manière différenciée, en fonction de la pente et de la période de récolte et d'insolation critique de chaque cépage.

En conclusion, dans le contexte du réchauffement climatique, il serait approprié de choisir une orientation des vignobles qui entraîne une moindre interception du rayonnement solaire et d'établir des vignobles à des altitudes plus élevées, avec des cépages, des clones et des porte-greffes à maturation tardive. Les effets de l'orientation des rangs et de la pente, bien qu'intéressants, ne sont pas aussi statistiquement significatifs que les effets de l'altitude. Ces techniques pourraient être combinées à d'autres, comme la taille hivernale tardive, la double récolte, l'écimage sévère et l'effeuillage, entre autres, pour obtenir un retard de maturation allant jusqu'à deux mois dans certains cas. ■

1 Alikadic, A., Pertot, I., Eccel, E., Dolci, C., Zarbo, C., Caffarra, A., De Filippi, R., Furlanello, C. (2019). The impact of climate change on grapevine phenology and the influence of altitude: A regional study. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271, 73–82.

2 Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., & Martínez de Toda, F. (2021). Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. *Food Research International*, 139, 109946.

3 Martínez de Toda, F., & Ramos, M. (2019). Variability in grape composition and phenology of 'Tempranillo' in zones located at different elevations and with differences in the climatic conditions. *Vitis*, 58(4), 131–139.

4 Gutiérrez-Gamboa, G., Pszczółkowski, P., Cañón, P., Taquichiri, M., Peñarrieta, J.M. (2021). UVB radiation as a factor that deserves further research in Bolivian viticulture: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 40(2), 201–212.

5 Malheiro, A., Santos, J., Fraga, H., Pinto, J. (2010). Climate change scenarios applied to viticultural zoning in Europe. *Climate Research*, 43, 163–177.

6 Barclay Poling, E. (2008). Spring cold injury to winegrapes and protection strategies and methods. *HortScience*, 43(6), 1652–1662.

7 Corso, M., Bonghi, C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*, 1, 108–113.

8 Santos, J.A., Fraga, H., Malheiro, A.C., Moutinho-Pereira, J., Dinis, L.-T., Correia, C., et al. (2020). A review of the potential climate change impacts and adaptation options for European viticulture. *Applied Science*, 10, 3092.

9 Hunter, J.J., Volschenk, C.G., Booyse, M. (2017). Vineyard row orientation and grape ripeness level effects on vegetative and reproductive growth characteristics of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz/101-14 Mgt. *European Journal of Agronomy*, 84, 47–57.

10 Hunter, J.J., Tarricone, L., Volschenk, C., Giacalone, C., Melo, M.S., Zorer, R. (2020). Grapevine physiological response to row orientation-induced spatial radiation and microclimate changes. *OENO One*, 54(2), 411–433.