

Principes méthodologiques du potentiel hydrique foliaire de la vigne

>>> La plupart des vignobles sont conduits dans des conditions d'alimentation hydrique limitantes, avec des conséquences sur la physiologie de la vigne, la croissance des fruits et leur composition/qualité par rapport aux styles de vins recherchés. Ainsi, la quantification de l'état hydrique de la vigne est indispensable à la compréhension du fonctionnement de la plante, et à l'optimisation des itinéraires hydriques via le recours notamment à l'irrigation. Les méthodes basées sur le potentiel hydrique foliaire, en particulier les potentiels hydriques de base et de tige, permettent une quantification précise de l'état hydrique de la vigne et servent généralement de référence pour la calibration d'autres méthodes de mesures et/ou pour l'irrigation de précision. <<<

■ Le potentiel hydrique foliaire, un outil pour la détermination de l'état hydrique de la vigne

Parmi les différents outils existants pour la mesure de l'état hydrique de la vigne¹, la méthode du potentiel hydrique foliaire utilisant une chambre à pression (Figure 1) est une méthode standard utilisée en recherche et en développement. Cette méthode est également très utile pour la calibration d'autres technologies visant à déterminer l'état hydrique du sol ou de la vigne, dont les capteurs d'humidité du sol, les capteurs du flux de sève, la thermométrie infrarouge, etc. Ainsi, des seuils de référence de l'état hydrique de la vigne robustes ont été établis, notamment en utilisant le potentiel hydrique foliaire de base (PHFB)² mesuré avant l'aube, et le potentiel hydrique de tige (PHT)^{3,4}. L'étroite relation entre le potentiel hydrique foliaire, l'état hydrique du sol et le fonctionnement de la plante justifie l'intérêt de la mesure de potentiel hydrique pour évaluer la durée et l'intensité du déficit hydrique tout au long des différents stades phénologiques^{5,6,7}. Bien que validée, la fiabilité de la méthode repose toutefois sur la qualité de l'échantillonnage à l'échelle de la parcelle.

■ Les trois potentiels hydriques foliaires (PHFB, PHFM et PHT)

Les potentiels hydriques foliaire de base ou à midi et le potentiel de tige (PHFB, PHFM et PHT, respectivement) sont mesurés sur des feuilles détachées, à l'aide d'une chambre à pression suivant la technique décrite par Scholander (1965)⁸. La méthode consiste à exercer une pression sur les feuilles sous l'effet d'un gaz neutre. Le potentiel hydrique est alors estimé à partir de la pression requise pour exsuder la sève brute (xylème) des cellules du mésophylle. Cette pression est d'autant plus forte que le potentiel hydrique foliaire est négatif (figure 2). Les potentiels hydriques foliaires de base et les potentiels de tige sont exprimés en bar ou MPa, toujours en valeurs négatives.

→ Potentiel hydrique foliaire de base (PHFB)

La méthode de référence généralement utilisée pour déterminer l'état hydrique de la vigne est celle du potentiel hydrique foliaire de base (PHFB; ψ_{phfb}).



Figure 1. Exemple d'une chambre à pression utilisée pour la mesure du potentiel hydrique foliaire (© A. Deloire, Afrique du Sud).

Cette mesure est effectuée une à deux heures avant l'aube, quand l'état hydrique de la vigne atteint son maximum. Les mesures du potentiel hydrique de base présentent l'avantage d'être stables, indépendamment des conditions climatiques, et sont étroitement liées à l'état hydrique du sol à proximité des racines. Des valeurs seuils du niveau de déficit hydrique subi par la vigne reposant sur le PHFB ont été proposées par Carbonneau (1998)² (tableau 1). Ces valeurs sont le résultat de plus de 20 ans d'observations dans plusieurs vignobles et sur différents cépages. Ainsi, le PHFB est une mesure pertinente pour la plupart des cépages en relation avec les unités de terroir de bases (UTB).

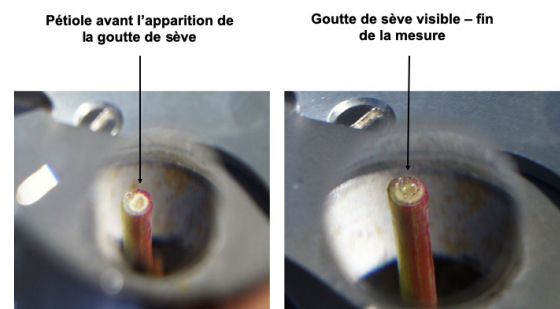


Figure 2. Le potentiel hydrique foliaire est déterminé à partir de la pression requise pour exsuder la sève brute (xylème) des cellules du mésophylle d'une feuille détachée, en utilisant un gaz neutre. Lorsque la goutte de sève brute apparaît à la surface du pétiole, la mesure est terminée et la valeur de la pression exercée est lue sur le manomètre. La mesure ne dure que quelques secondes.

Cependant, les mesures du PHFB peuvent conduire à une sous-estimation du déficit hydrique dans les vignobles irrigués au goutte à goutte, et dont la réserve utile du sol est très faible. En effet, la mesure du PHFB après un faible apport d'eau peut indiquer dans ces situations un état hydrique élevé, alors que la majeure partie de la zone du système racinaire est exposée à des conditions sèches, pouvant ainsi causer une dégradation rapide et imprévisible de l'état hydrique de la vigne. Le tableau 2 présente un référentiel des modifications de la physiologie de la vigne et de la maturation des baies en fonction de la diminution du PHFB.

Tableau 1. Potentiel hydrique foliaire de base et état hydrique de la vigne². Les réponses physiologique et biochimique de la vigne à ces seuils dépendent du cépage, du stade phénologique et de la durée du déficit hydrique. (1 bar = 0,1 MPa = 100 KPa).

Classes	Potentiel hydrique foliaire de base (ψ_{phfb} , MPa)	Niveau de contrainte ou de stress hydrique
1	$0 \text{ MPa} \geq \psi_{phfb} \geq -0,3 \text{ MPa}$	Pas de déficit hydrique
2	$-0,3 \text{ MPa} > \psi_{phfb} \geq -0,5 \text{ MPa}$	Déficit hydrique faible à modéré
3	$-0,5 \text{ MPa} > \psi_{phfb} \geq -0,8 \text{ MPa}$	Déficit hydrique modéré à sévère
4	$< -0,8 \text{ MPa}$	Déficit hydrique sévère à élevé (=stress)

Tableau 2. Valeurs seuils des potentiels hydriques foliaires de base (Ψ_{phb} , MPa) et conséquences possibles sur le fonctionnement de la vigne. Il est à noter que les valeurs seuils peuvent varier d'un cépage à l'autre.

Ψ_{phb} (MPa)	Croissance végétative	Photosynthèse	Croissance de la baie	Maturation du raisin
0 à -0,3	normale	normale	normale	normale
-0,3 à -0,5	réduite	normale à réduite	normale à réduite	normale ou stimulée
-0,5 à -0,8	réduite à inhibée	réduite à inhibée	réduite à inhibée	réduite à inhibée
< -0,8	inhibée	inhibée	inhibée	réduite à inhibée

→ Potentiel hydrique foliaire à midi (PHFM)

Le potentiel hydrique foliaire à midi (PHFM) est une mesure de l'état hydrique de la plante le jour. C'est une méthode qui permet la mesure d'une réponse à court-terme de la vigne (toutes les heures, par exemple) face à un changement au niveau de l'absorption de l'eau par les racines et de la transpiration foliaire (interaction teneur en eau du sol x demande climatique x transpiration foliaire x cépage/porte-greffe). Il n'est pas recommandé d'utiliser la mesure du potentiel hydrique foliaire à midi comme outil d'aide à la décision pour le pilotage de l'irrigation, car elle est très sensible aux fluctuations du microclimat au voisinage des feuilles.

→ Potentiel hydrique de tige (PHT)

Le potentiel hydrique de tige est mesuré sur des feuilles ensachées à l'aide d'un film en plastique et de papier aluminium pour une durée minimale de 30 minutes avant la mesure. L'ensachage des feuilles empêche la transpiration foliaire et permet l'établissement d'un équilibre entre le potentiel hydrique foliaire et celui de la tige. La mesure du potentiel hydrique de tige est un moyen d'obtenir un indicateur plus intégré que le potentiel hydrique foliaire à midi, moins sensible à l'échantillonnage de la feuille au sein de la canopée et aux variations microclimatiques. Cependant, les valeurs du potentiel hydrique de tige sont fortement corrélées avec la demande climatique et le flux global de transpiration de la plante³. Généralement, le potentiel hydrique de tige est mesuré entre 13 h 30 et 15 h 30, au moment où l'état hydrique de la plante est à son minimum. Le potentiel de tige présente l'avantage de mieux discriminer des déficits hydriques faibles ou apparaissant dans des sols à humidité hétérogène (en rapport avec l'enracinement de la vigne) que le potentiel hydrique foliaire de base³. Si les relations entre le PHT et le PHFB sont pratiquement linéaires au-delà de -0,6 à -0,8 MPa de PHFB, le PHT est toutefois difficilement interprétable au-delà d'un certain niveau de déficit hydrique ($\Psi_{\text{PHT}} < -1,4$ MPa) à cause de la fermeture des stomates, peut-être à cause du phénomène d'embolisme au niveau du pétiole de la feuille. Néanmoins, quelques valeurs de référence utiles et applicables à la plupart des cépages et des unités de terroir sont présentées dans le tableau 3⁴.

Tableau 3. Le potentiel hydrique de tige (mesuré entre 13 h 30 et 15 h 30), et sa relation potentielle avec le niveau de déficit hydrique de la vigne. Le tableau présente des seuils applicables à la plupart des cépages et des unités de terroir. Cependant, ces références sont à adapter en fonction du type de sol, de sa profondeur et de la répartition de l'eau et des racines dans le sol; des pratiques culturales; du climat et des cépages.

Classe	PHT (Ψ_{PHT} , MPa)	Niveau de déficit hydrique de la vigne
1	$\geq -0,6$	Pas de déficit hydrique
2	-0,7 à -1,1	Déficit hydrique faible à modéré
3	-1,2 à -1,6	Déficit hydrique modéré à sévère (selon le cépage)
4	< -1,6	Déficit hydrique sévère à élevé (stress)

■ Gestion opérationnelle du vignoble en utilisant le PHFB et le PHT

Les états hydriques de la vigne recommandés à chaque stade phénologique en fonction du PHFB ou du PHT sont les

suivants : débourrement – floraison : classe 1 ; petits pois - véraison : classes 1 à 2 ; véraison – vendange : classes 1 à 3, selon le rendement et le style de vin souhaités. La classe 4 doit être évitée, car elle pourrait causer des dégâts au niveau des cellules et de la plante. Pour une gestion opérationnelle de l'alimentation hydrique du vignoble basée sur les mesures de potentiels hydriques à l'aide d'une chambre à pression, plusieurs facteurs doivent être pris en considération : (a) l'hétérogénéité de la parcelle; (b) la durée de la réalisation des mesures (1-2 min/feuille et 4-6 feuilles en moyenne pour une mesure; le nombre de mesures par parcelle varie en fonction de l'hétérogénéité de la situation) ; (c) la superficie du vignoble (le temps nécessaire pour se déplacer entre les parcelles); (d) la fenêtre temporelle de la mesure (les potentiels hydriques foliaires de base sont réalisés avant le lever du jour, ce qui limite la période d'échantillonnage) ; et (e) les conditions climatiques précédant la mesure (un épisode pluvieux ou des températures extrêmes dues à une canicule, par exemple peuvent influencer les résultats du potentiel hydrique foliaire).

■ Points clés à retenir

Les potentiels hydriques foliaire et de tige sont utilisés en routine dans plusieurs pays viticoles pour le pilotage de l'irrigation et son adaptation à un cépage donné. Ils constituent un outil de choix pour l'irrigation de précision visant à économiser l'eau. De plus, le PHFB et le PHT sont des indicateurs physiologiques clés de l'état hydrique de la vigne et servent de référence pour la calibration d'autres outils d'aide à la décision (capteurs de flux de sève, thermomètre infrarouge, capteurs de l'humidité du sol...). Ce sont également des méthodes reconnues pour la compréhension de la physiologie de la vigne et la composition de la baie en fonction de l'état hydrique de la plante. La disponibilité en eau, qui influence l'état hydrique de la vigne et, par conséquent son fonctionnement physiologique, la composition de la baie ainsi que le style/qualité du vin, est la résultante du sol (type, profondeur et entretien) et du climat (demande climatique et pluviométrie). Dans les régions viticoles non irriguées, la disponibilité en eau constitue le facteur abiotique limitant principal. ■

Alain Deloire¹, Anne Pellegrino¹, Suzy Rogiers²,
¹ Montpellier University, L'Institut Agro (SupAgro-IHEV), France
² NWGIC, Department of Primary Industries-NSW, Australia

- Rienth M., Scholasch T., 2019. State-of-the-art of tools and methods to assess vine water status, *OENO One*, 4, 619-637.
- Carbonneau A. 1998. Qualitative aspects, 258 – 276. In. Proc. XX-VIth World Congress of Vine and Wine, Bratislava. Traité d'irrigation, Tiercelin J.R., Lavoisier Tec et Doc ed., 1011 p.
- Choné X., van Leeuwen C., Dubourdieu D. & Gaudillère J.P. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87 (4), 477-483.
- Deloire A., Heyns D., 2011. The Leaf Water Potentials: Principles, Method and Thresholds. *Wineland*, 119-121, September 2011.
- Van Leeuwen C. & Seguin G. 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 28, (2), 81-110.
- Pellegrino, A., Lebon, E., Voltz, M., Wery, J., 2004. Relationships between plant and soil water status in vine (*Vitis vinifera* L.). *Plant Soil* 266, 129-142.
- Deloire A., Ojeda H., Zebic O., Bernard N., Hunter J.J., Carbonneau A., 2005. Influence of grapevine water status on the wine style, *Le Progrès Agricole et Viticole*, 2005, N° 21, 455 – 462.
- Scholander P. F., Hammel H. T., Brandstreet E. T. & Hemmingsen E. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339-346.