LE POTENTIEL HYDRIQUE FOLIAIRE : SENS DES DIFFÉRENTES MODALITÉS DE MESURE

LEAF WATER POTENTIAL MEANING OF DIFFERENT MODALITIES OF MEASUREMENTS

Alain CARBONNEAU[1], Alain DELOIRE[1], Pietro COSTANZA[1,2]

1AGRO Montpellier, Chaire de Viticulture et d'Œnologie, UMR « Sciences pour l'Œnologie et la Viticulture », 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex1, France
2 Università degli studi di Palermo, Facoltà di Agraria, Dipartimento di Colture Arboree Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italie

Résumé : Une expérience sur Syrah dans le dispositif Ecotron du vignoble du campus AGRO Montpellier/INRA, avec le contrôle de divers régimes hydriques, a permis de tester le sens physiologique et le domaine d'application des diverses modalités de mesure du potentiel hydrique foliaire : potentiel de base et potentiel en cours de journée pour les feuilles en micro-environnement normal (qui conservent tout leur intérêt et leur généralité), potentiel « de tige » (qu'il convient d'appeler différemment et de réserver à des conditions particulières) pour les feuilles d'ombre ensachées. Des observations au vignoble sur Syrah et Merlot confirment l'intérêt de certaines méthodes.

Summary : An experiment on Syrah in the Ecotron design of the AGRO Montpellier/INRA campus vineyard, with the control of different water regimes, allowed to test the physiological meaning and the field of application of different modalities of leaf water potential measurements : predawn and daily potential for leaves in a normal micro-environment (which keep all of their interest and generality), « stem » potential (which must be called differently and reserved to particular conditions) for shadow enveloped leaves. Field observations on Syrah and Merlot confirm the interest of some methods.

Mots clés : Vigne, régime hydrique, contrainte hydrique, dynamique journalière, potentiel hydrique foliaire, potentiel de base, potentiel journalier, potentiel « de tige », Ecotron, système de conduite.

Key words : Grapevine, water regime, water limitation, daily evolution, leaf water potential, predawn potential, daily potential, « stem » potential, Ecotron, training system.

INTRODUCTION

Sur le plan de la méthodologie d'analyse du régime hydrique, la mesure du potentiel hydrique foliaire avec une chambre à pression connaît une application croissante du fait de la simplicité et de la robustesse de la méthode.

Trois types de potentiel hydrique foliaire peuvent ainsi être mesurés (notés en valeurs négatives):

- le potentiel de base, en fin de nuit, dont le sens est celui du degré de ré-hydratation maximale de la plante en équilibre direct avec celui du sol au voisinage des racines actives (données interprétables par rapport à des références expérimentales obtenues sur une large gamme de terroirs);

- le potentiel journalier, avec le potentiel minimum en milieu de journée, qui reflète la dynamique de l'assèchement en cours de journée dû à la transpiration et/ou à la limitation de l'absorption hydrique (données délicates à interpréter isolément, mais prenant un sens en rapport avec le potentiel de base) ;

- le potentiel « de tige » mesuré sur feuilles d'ombre préalablement ensachées notamment pour leur mise à l'obscurité, qui est censé représenter le potentiel de la tige porteuse.

De nombreux travaux ont utilisé ces méthodes (par exemple : CARBONNEAU et OLLAT, 1991 ; CARBONNEAU, 1998 ; CARBONNEAU, 2001, CHONE *et al*., 2001, OJEDA *et al.*, 2001); il convient néanmoins de préciser leur sens et leur domaine d'application face à la confusion de certaines interprétations. C'est l'objet de la recherche présentée ici.

MATERIELS ET MÉTHODES

La chambre à pression est de type « Scholander » et de marque PMS Instrument (SCHOLANDER, 1965).

Les potentiels hydriques foliaires mesurés sont : le potentiel de base, le potentiel journalier, le potentiel « de tige » tels que définis précédemment. Dans les figures, les dynamiques sont établies par rapport aux heures solaires.

*Corresponding author: carbonne@ensam.inra.fr

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2004, **38**, n°1, 15-19

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Le dispositif est l'Ecotron du vignoble du campus AGRO Montpellier/INRA (selon le concept initial de CARBONNEAU et de LOTH, 1985 : contrôle de l'apport hydrique et minéral en grand bidon bâché avec le contrôle de l'interception du rayonnement par un palissage modulable) ; y sont contrôlés pour tester les divers types de potentiel hydrique foliaires, deux régimes hydriques établis à partir de la nouaison: transpiration maximale TM et 30 % TM, les deux profitant d'une interception optimale du rayonnement grâce à une architecture de type « Lyre ouverte » obtenue avec un palissage de type « Lyre pliable » maintenu avec l'ouverture maximale.

Le cépage est la Syrah greffée sur SO4. Un bilan écophysiologique relativement complet a été effectué parallèlement, et a permis de confirmer les conclusions tirées de l'examen des seul potentiels hydriques. L'échantillonnage des feuilles a pris en compte systématiquement au long de la saison les positions suivantes sur le rameau : basale (du niveau des grappes au 8^{e} entrenœud), médiane (du 8^{e} au 16^{e} entrenœud), apicale (du 16^{e}entrenœud aux dernières feuilles adultes ayant terminé leur développement).

Les mesures au champ ont été réalisées sur Syrah greffée sur 110R et conduite en Espalier classique dans un terroir de défriche de garrigue présentant divers niveaux de contrainte hydrique (domaine INRA de Pech Rouge/Narbonne), et sur Merlot (greffé sur SO4) en conditions de vigueur moyenne conduit en Espalier classique, Lyre ouverte ou Taille Minimale (domaine AGRO Montpellier de La Valette).

RÉSULTATS ET INTERPRETATION

Pour chaque figure, le sigle « a » correspond au potentiel des feuilles d'ombre non ensachées ; le sigle « b » à celui de feuilles d'ombre ensachées (potentiel « de tige »). Le potentiel de base est mesuré dans tous les cas.

1/Ecotron - Syrah

Les figures 1a et 1b présentent les résultats de l'Ecotron le 28/06/2002. Le potentiel de base atteste d'une absence de contrainte hydrique pour TM (>-0,2 Mpa) et d'un début de contrainte hydrique modérée pour 30 %TM (= -0,3/-0,4 Mpa) . Les dynamiques journalières traduisent une bonne distinction entre TM et 30 %TM avec une contrainte plus forte pour cette dernière, et une absence d'influence du niveau des feuilles qui à ce stade du développement de la vigne (stade 27 de l'échelle de LORENZ *et al.*, 1995) sont toutes parfaitement fonctionnelles. Les valeurs des deux types de potentiel (feuille et « tige ») sont très proches, avec un niveau légèrement supérieur pour les feuilles ensachées en raison de leur transpiration proche du zéro.

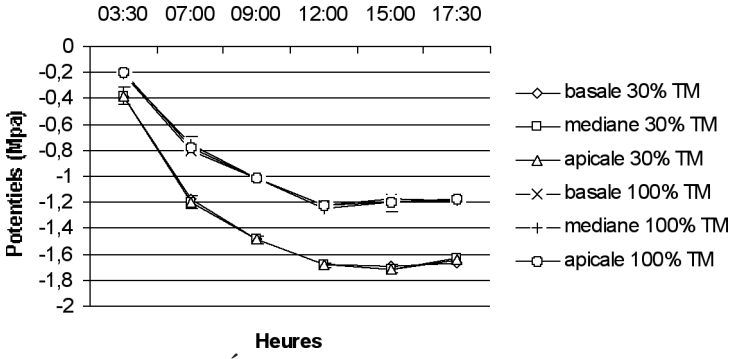


Figure 1a - Évolution journalière du potentiel hydrique foliaire de la Syrah (28/06/02, nouaison) soumise à deux régimes hydriques (100 % et 30 % de TM). Cette étude prend en compte la position de la feuille sur le rameau.

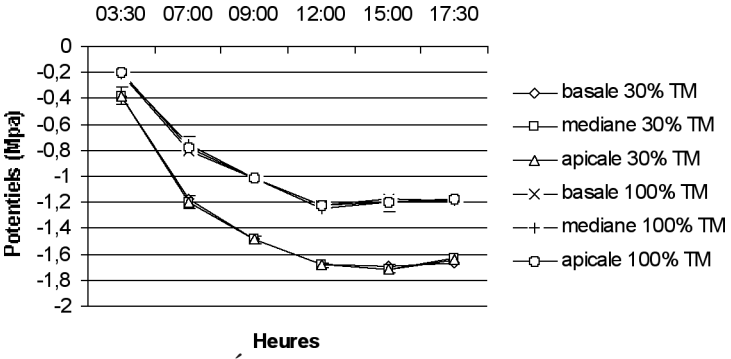


Figure 1b - Évolution journalière du potentiel hydrique de « tige » de la Syrah (28/06/02, nouaison) soumise à deux régimes hydriques (100% et 30% de TM). Cette étude prend en compte la position de la feuille sur le rameau.

Les figures 2a et 2b correspondent aux mêmes traitements pour le 12/07/2002 (stade 35, véraison). Le potentiel de base atteste d'une absence de contrainte hydrique pour TM (= -0,2 Mpa) et d'une contrainte hydrique modérée pour 30 %TM (= -0,4/-0,5 Mpa). Les dynamique journalières traduisent une distinction entre TM et 30 %TM, mais non continue comme dans le cas précédent ; le potentiel de feuille présente des valeurs logiquement plus faibles que le potentiel « de tige »; le potentiel de feuille distingue les deux régimes hydriques le matin et l'après-midi, alors que le potentiel « de tige » ne permet cette distinction que le matin (mais semble-t-il de façon plus continue) quand la contrainte est moindre. Il est à noter l'apparition de différences entre les niveaux de feuilles, la tendance étant à ce que les feuilles apicales et parfois médianes soient mieux hydratées que les basales, ceci pour les deux types de potentiel.

Il apparaît donc que le potentiel « de tige » n'élimine pas l'effet du type de feuille (ie position sur le rameau) et que les feuilles adultes situées en haut du rameau ont un

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

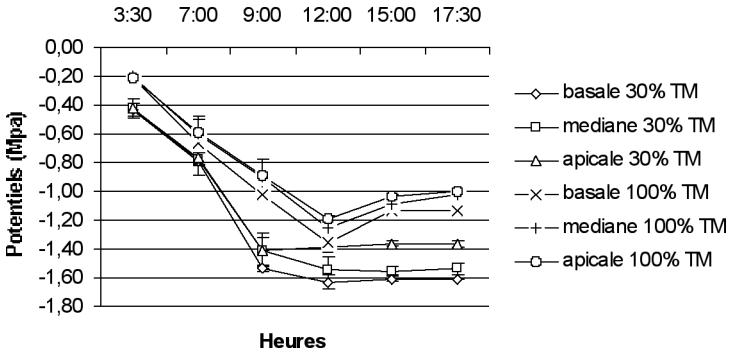


Figure 2a - Évolution journalière du potentiel hydrique foliaire de la Syrah (12/07/02, véraison) soumise à deux régimes hydriques (100 % et 30 % de l'TM). Cette étude prend en compte la position de la feuille sur le rameau.

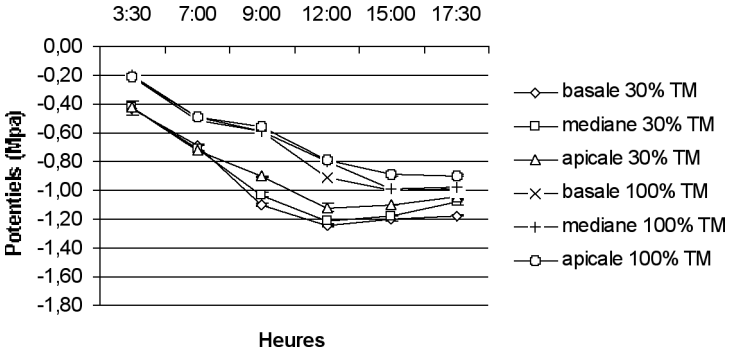


Figure 2b - Évolution journalière du potentiel hydrique de « tige » de la Syrah (12/07/02, véraison) soumise à deux régimes hydriques (100 % et 30 % de l'TM). Cette étude prend en compte la position de la feuille sur le rameau.

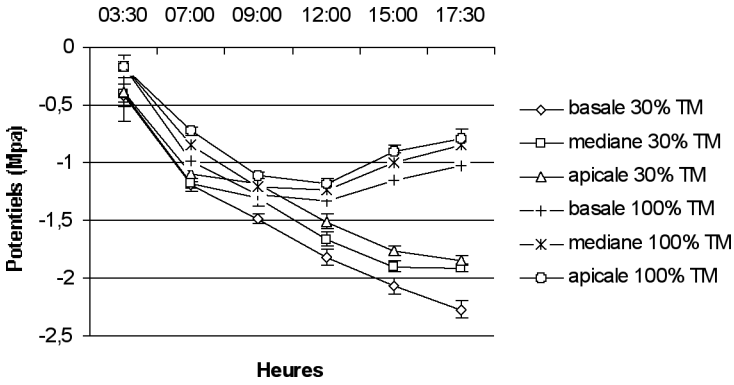


Figure 3a - Évolution journalière du potentiel hydrique foliaire de la Syrah (13/08/02, maturation) soumise à deux régimes hydriques (100 % et 30 % de TM). Cette étude prend en compte la position de la feuille sur le rameau.

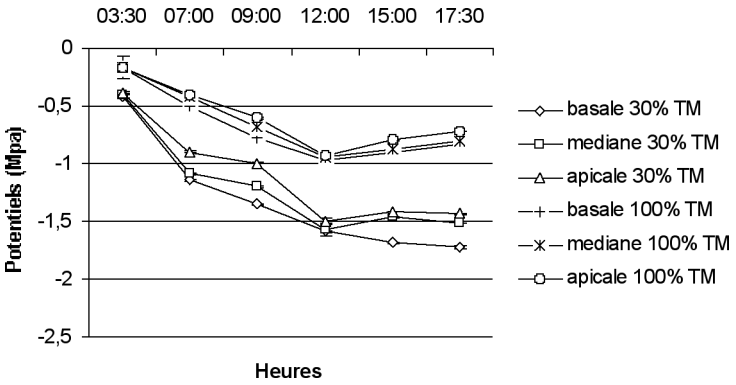


Figure 3b - Évolution journalière du potentiel hydrique de « tige » de la Syrah (13/08/02, maturation) soumise à deux régimes hydriques (100 % et 30 % de TM). Cette étude prend en compte la position de la feuille sur le rameau.

potentiel plus élevé que celui des feuilles en-dessous : le potentiel des feuilles ensachées ne représente donc pas le potentiel existant sur la tige, puisque, d'une part le type de feuille influe, et que d'autre part le gradient trouvé est l'inverse du gradient théorique de la tige qui doit traduire le mouvement d'eau du potentiel le plus élevé vers le plus bas. Il convient donc de nommer ce potentiel « de feuille ensachée ».

Les figures 3a et 3b correspondent aux mêmes traitements pour le 13/08/2002 (stade 37-38, mi maturité). Le potentiel de base atteste d'une absence de contrainte hydrique pour TM (= -0,2 Mpa) et d'une contrainte hydrique modérée pour 30 %TM (= -0,4/-0,5 Mpa). Les dynamiques journalières traduisent une distinction entre TM et 30 %TM, avec une forte contrainte hydrique en milieu de journée pour 30 %TM ; cette distinction n'est pas nette le matin en potentiel de feuille, mais existe en potentiel de feuille ensachée (« de tige ») ; en revanche un écart considérable se manifeste à partir du milieu de la journée sur le potentiel de feuille, et de façon atténuée pour le potentiel de feuille ensachée. Les effets des niveaux de feuilles sont de même nature que précédemment, mais plus accentués ce qui s'explique par le vieillissement des feuilles basales.

Les conclusions précédentes sont ici validées.

Il apparaît aussi que le potentiel de feuille ensachée (ou « de tige ») permet de mieux révéler régulièrement que le potentiel de feuille, des écarts de régime hydrique lorsque le niveau d'assèchement de la plante reste modéré, notamment le matin ; la moindre variabilité de la population des données en est l'explication principale ; mais ceci reflète-t-il la réalité de la plante ?

En revanche une différence importante entre les deux méthodes apparaît sous forte contrainte, notamment l'après-midi, le potentiel de feuille représentant mieux la réalité de la dynamique de transpiration ou de photo-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

synthèse d'après des observations annexes : il semble donc que le potentiel de feuille traduise, mieux que le potentiel de feuille ensachée (ou « de tige ») l'effet de la baisse du niveau des réservoirs de la plante, effet qui serait estompé par l'ensachage.

2) Terroir sec (parcelle « Villa » à Pech Rouge) – Syrah

Les figures 4a et 4b présentent les dynamiques journalières de potentiel de feuille et de potentiel de feuille ensachée respectivement, pour la Syrah cultivée au domaine de Pech Rouge dans un terroir de défriche de garrigue présentant différentes profondeurs de sol exploitable et donc différents niveaux de réserve hydrique utile ; deux zones de la même parcelle ont été choisies : S0 (vigne assez vigoureuse peu contrainte car irriguée) et S2 (vigne faible assez contrainte).

Le potentiel de base indique au milieu de l'été une absence de contrainte hydrique (= -0,15 Mpa) pour S0, et une contrainte hydrique modérée = -0,35 Mpa) pour S2.

Les dynamiques journalières traduisent une nette distinction entre S0 et S2 en potentiel de feuille comme en potentiel de feuille ensachée, avec une plus grande distinction grâce au potentiel de feuille en milieu de journée avec un assèchement qui se poursuit l'après-midi. Il est à noter que le potentiel de feuille ensachée ne traduit pas la réhydratation en fin d'après-midi qui est observée avec le potentiel de feuilles. Les mêmes tendances et niveaux de valeurs que dans l'Ecotron sont observées. Le point le plus remarquable est la confirmation de l'atténuation de la vision de l'assèchement de la plante l'après-midi au moment du vidage de ses réservoirs.

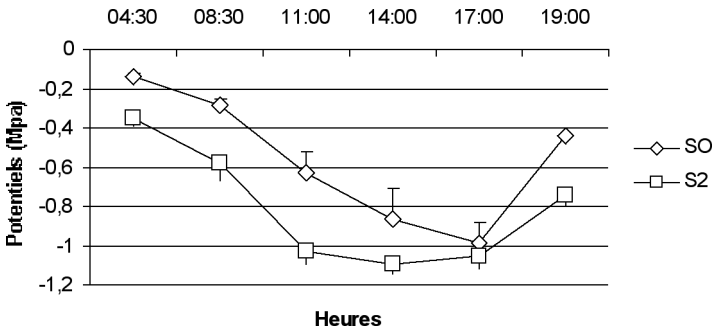


Figure 4a - Évolution journalière du potentiel hydrique de feuille de la Syrah dans une parcelle présentant deux situations hydriques (SO et S2). S0 est la modalité irriguée ; S2 est la situation du terroir. Les mesures ont été effectuées le 25/07/02.

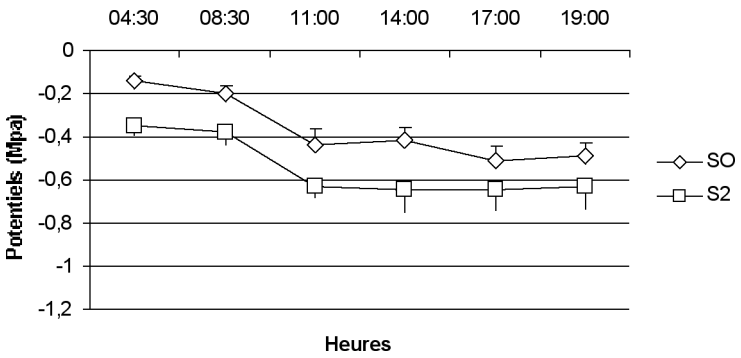


Figure 4b - Évolution journalière du potentiel hydrique de « tige » de la Syrah dans une parcelle présentant deux situations hydriques (SO et S2). S0 est la modalité irriguée ; S2 est la situation du terroir. Les mesures ont été réalisées le 25/07/02

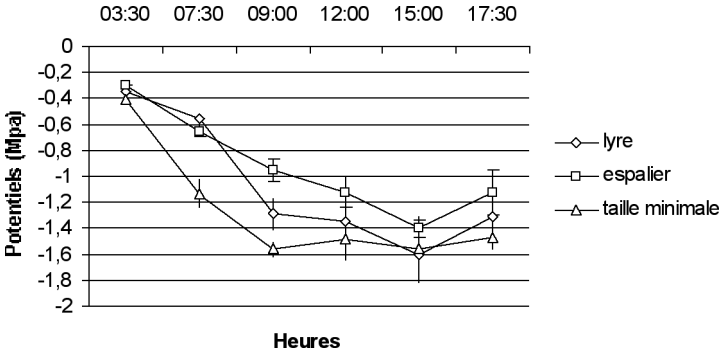


Figure 5a - Évolution journalière du potentiel hydrique de feuilles du Merlot (23/07/02). Comparaison de trois systèmes de conduite : Lyre, espalier et Taille Minimale. É

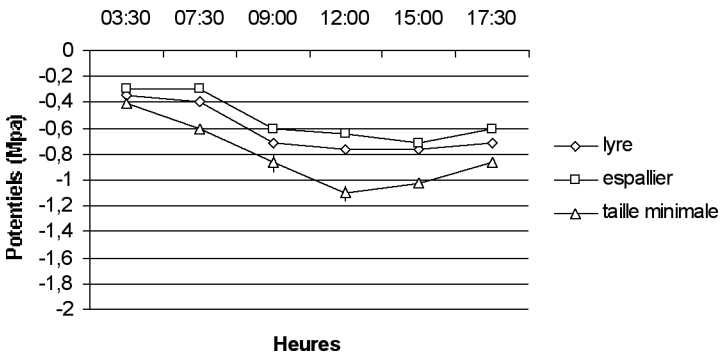


Figure 5b - Évolution journalière du potentiel hydrique de « tige » du Merlot (23/07/02). Comparaison de trois systèmes de conduite : Lyre, Espalier et Taille Minimale.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

3) Système de conduite (moyenne vigueur à La Valette) – Merlot

Le régime et la contrainte hydrique sont produits non seulement par la limitation de la fourniture aux racines (ce qui a été considéré pour l'essentiel jusqu'ici), mais encore par la demande en évaporation qui est sous la dépendance du microclimat et de l'architecture. Le dispositif avec des premiers résultats ont été publiés par CARBONNEAU (2000).

La figure 5a présente les dynamiques journalières de potentiel de feuille pour trois architectures ou systèmes de conduite en situation de vigueur modérée : Espalier-Cordon de Royat, Lyre ouverte-Cordon de Royat, Taille Minimale. Il apparaît que la mesure du potentiel de feuille permet de révéler des différences significatives intéressantes.

Le potentiel de base montre un niveau global de contrainte hydrique modérée (= -0,3/-0,4 Mpa), mais il apparaît déjà que la Taille Minimale n'assure pas la même réhydratation en fin de nuit que l'Espalier ou la Lyre ouverte. En cours de journée, le potentiel de feuille de la Lyre ouverte est plus bas que celui de l'Espalier, ce qui correspond à une Surface Foliaire Exposée supérieure et à de meilleures conditions de transpiration. La Taille Minimale accentue en cours de journée son assèchement par rapport aux systèmes précédents, sans qu'un gain important d'interception du rayonnement ni de Surface Foliaire Exposée n'y soit noté, en particulier vis-à-vis de la Lyre ouverte. Cette architecture particulière de Taille Minimale crée un assèchement plus précoce et plus important que les vignes taillées classiquement, en particulier au plus fort de la contrainte à partir de midi.

La figure 5b relative au potentiel de feuille ensachée, révèle aussi des conditions de transpiration supérieure dans la Lyre ouverte par rapport à l'Espalier, avec un rapprochement en cours d'après-midi ; ceci confirme au moins pour partie les résultats sur Syrah.

Cependant, la dynamique de la Taille Minimale ne peut être interprétée sur les mêmes bases. En effet, le potentiel de feuille ensachée traduit surtout des écarts l'après-midi par rapport aux deux autres systèmes. L'explication reposerait une fois de plus sur les réservoirs hydriques de la plante que l'on suppose très particuliers, facilement épuisables, dans la Taille Minimale : le potentiel de feuille révélerait bien cet épuisement précoce des réservoirs, alors que le potentiel de feuille ensachée, une fois de plus, ferait abstraction de ce phénomène.

L'étude de ces systèmes se poursuit ; il est fort possible que la réponse particulière au régime hydrique de la Taille Minimale soit due à des caractéristiques morphologiques « hors normes » : faible dimension des organes en général et des tissus conducteurs en particulier, en rapport avec des conditions d'exposition des feuilles élevées.

En conclusion, sur le plan méthodologique, cette étude valide l'intérêt du potentiel hydrique de base et de feuille en cours de journée. Quant au potentiel « de tige », il ne justifie pas son nom, et devrait être appelé potentiel de feuille ensachée ; il doit être utilisé avec précaution d'interprétation pour révéler des différences sous contrainte hydrique réduite, le matin notamment où il permet une meilleure précision des comparaisons, et écarté pour la mesure de la contrainte l'après-midi au moment du vidage des réservoirs.

Remerciements : Nous remercions messieurs Pierre Domergue et Marc Hewang (INRA Montpellier) pour leur aide technique au domaine expérimental de Pech Rouge.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CARBONNEAU A., LOTH C., 1985. Influence du régime d'éclairement journalier sur la résistance stomatique et la photosynthèse brute chez *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet-Sauvignon. *Agronomie*, **5** (7), 631-638.

CARBONNEAU A., OLLAT N., 1991. Instabilité de la réhydratation tardive des feuilles à l'amorce du régime de transpiration en situation de sécheresse. Exemple de *Vitis vinifera* L. cv. Sémillon. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **33**, 197-203.

CARBONNEAU A., 1998. Irrigation, vignoble et produits de la vigne. *In Traité d'irrigation*, Lavoisier, Paris Ed., 257-276.

CARBONNEAU A., 2000. Eléments de la conduite du vignoble favorisant la protection du terroir et l'expression de ses vins. C.R. XXV^{e} congrès mondial de la Vigne et du Vin, OIV, Paris, 19-23 juin 2000, section I Viticulture, 189-200.

CARBONNEAU A., 2001. Gestion de l'eau dans le vignoble : théorie et pratique. *C.R. GESCO*, 12, Journée Professionnelle, 3-22.

CHONE X., TREGOAT O., VAN LEEUWEN C., 2001. Le potentiel de tige est un indicateur beaucoup plus puissant que les potentiels foliaires pour étudier et gérer les déficits hydriques de la vigne. *C.R. GESCO*, **12**, tome 1, 49-56.

LORENZ D.H., EICHHORN K.W., BLEIHOLDER H., KLOSE R., MEIER U. AND WEBER E., 1995. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) – Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal Grape Wine Research*, **1**, 100-110.

OJEDA H., DELOIRE A., CARBONNEAU A. 2001 – Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, **40** (3), 141-145.

SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.T., BRADSTREET E.D., HEMMINGSEN E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**, 339-346.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)