

Optimisation de la mesure du stress hydrique par la méthode du potentiel de tige

Eric SERRANO

Institut Français de la Vigne et du Vin – Pôle Sud-Ouest - V'Innopôle - BP 22 - 81310 LISLE/TARN
Email: eric.serrano@vignevin.com

Résumé : La synthèse de matière sèche par la vigne ou encore le gain en qualité des raisins lors de leur maturation est fortement liée à la disponibilité de l'eau dans le sol. Ainsi, diverses méthodes ont été développées pour mesurer l'état hydrique de la plante. Parmi elles, l'une utilise un indicateur physiologique précis : la chambre à pression (SCHOLANDER et al., 1965). Cet outil permet de déterminer différentes valeurs de potentiel. Jusqu'à ces dernières années, l'état hydrique de la plante a été apprécié par la valeur de potentiel hydrique de base, méthode de mesure présentant un inconvénient pratique majeur : en effet, ces mesures nécessitent une mesure où l'évapotranspiration est négligeable, c'est-à-dire en fin de nuit. Dans les études qui vont suivre, seules des valeurs de potentiel de tige sont analysées. En effet, de récentes expériences ont montré que le potentiel de tige était un indicateur plus pertinent que d'autres mesures de potentiel (notamment foliaire et de base). Ceci peut s'expliquer par le fait que les mesures de potentiel de tige sont corrélées à divers facteurs tels que la disponibilité de l'eau dans le sol, le flux de transpiration au sein de la plante, la conductivité hydraulique dans le tronc et les rameaux, et l'interface sol/racines (CHONE et al., 2001, CHONE et al. 2000). De plus, ces mesures présentent un intérêt pratique car contrairement aux mesures de potentiel de base, elles peuvent se faire en pleine journée (mesure au midi vrai). Trois études portant sur l'influence de l'heure d'ensachage, l'influence de l'heure de mesure et l'influence de la zone de prélèvement des feuilles sur les valeurs des potentiels de tige ont été menées.

Mots-Clés : estimation, contrainte hydrique, potentiel hydrique foliaire, tige, base

Matériels et méthodes

Au cours des trois études, des potentiels hydriques ont été mesurés. Ils ont été réalisés avec une chambre à pression munie d'un manomètre digital (précision à 10-3MPa) et d'un régulateur de débit. Les valeurs des potentiels ont été exprimées en mégapascal. Les mesures ont été effectuées sur deux parcelles de l'appellation Gaillac sur un cépage local : le Duras (ces parcelles présentent un enherbement permanent sous les interlignes).

Pour la première et la troisième étude, l'échantillonnage des feuilles s'est fait sur six pieds sains, présentant une certaine homogénéité. La seconde étude a été réalisée sur cinq pieds. Les feuilles ont été choisies de même âge (études 1 et 2), indemnes de maladie et de blessure, se situant au niveau de la zone des grappes sur le rameau principal. Pour la troisième étude, des feuilles de rang et de rameau bien déterminés ont été choisies.

De plus, les mesures ont été réalisées dans les mêmes conditions climatiques, par temps sec et ensoleillé, sur des feuilles préalablement placées dans des sachets en plastique opaque et imperméable recouvert d'aluminium permettant une protection contre les rayons lumineux. Les stomates reviennent ainsi en position fermée et la transpiration est arrêtée. Il se crée alors un équilibre entre le potentiel du rameau et celui de la feuille ; un potentiel de tige est ainsi mesuré. Les feuilles ont été choisies du côté ombré du rang pour éviter un échauffement trop important (CHONE et al., 2000).

Les sachets ont été posés au moins une heure avant la mesure. Les heures de pose et / ou de mesures ont été variables car elles ont été l'objet de deux études. Un troisième essai a porté sur l'influence de la zone de prélèvement des feuilles sur les valeurs de potentiels de tige.

Première étude : influence de l'heure d'ensachage sur les valeurs de potentiel de tige : L'essai comprend quatre modalités avec six répétitions par modalité. La durée d'ensachage varie de 1, 3, 5 et plus de 12 heures (cf. tableau 1). L'heure de pose

Modalités	Heure d'ensachage	Heure de début mesure	Heure de fin de mesure	Durée d'ensachage
1	La veille : 16h30	14h40	14h50	>12
2	9h	14h35	14h40	5h30
3	11h	14h25	14h35	3h30
4	13h	14h15	14h25	1h15

Tableau 1 : Protocole de l'étude comparant les mesures à heure fixe de potentiels de tige avec des heures d'ensachage variables, réalisé le 29/06/01

des sachets est variable et l'heure de mesure est fixée à 14h30 plus ou moins vingt minutes (pour une possible réalisation de l'essai).

Seconde étude : influence de l'heure de mesure sur les valeurs de potentiel de tige : Cette étude comprend quatre modalités avec cinq répétitions par modalité. L'heure d'ensachage est fixée à 9h30 plus ou moins dix minutes (pour la réalisation de l'essai). Les heures de mesures sont variables. La durée d'ensachage varie ainsi de 4, 5, 6 et un peu plus de 7 heures (cf. tableau 2).

Modalité	Heure d'ensachage	Heure de début mesure	Heure de fin de mesure	Durée d'ensachage
1	9h30	13h35	13h45	4h
2	9h30	14h30	14h40	5h
3	9h30	15h30	15h40	6h
4	9h30	17h	17h10	7h30

Tableau 2 : Protocole de l'étude comparant les mesures à heures variables de potentiel de tige avec une heure d'ensachage fixe, réalisé le 26/07/01

Troisième étude : influence sur les mesures du potentiel de tige du rang d'insertion de la feuille sur le rameau : Des potentiels de tige ont été mesurés sur des feuilles d'âge et de position différents sur les rameaux. La parcelle de cet essai est taillée en Guyot simple. Les feuilles ont ainsi été choisies sur les rameaux près du tronc (rameau n°2), médian (rameau n°4) et éloigné (rameau n°6). Les feuilles prélevées sur ces rameaux sont de rangs 6 et 2 (cf. figure 1) et il ne s'agit que de feuilles primaires.

Résultat et discussions

Les résultats des trois études ont permis de voir l'importance de l'heure d'ensachage, puis de l'heure de mesure et enfin celle relative au choix de la feuille à prélever sur les valeurs de potentiel de tige. Le traitement statistique des résultats pour les trois études s'est fait avec le modèle ANOVA.

Première étude : heures d'ensachage variables et heure de mesure fixe : Cette étude a permis de comparer des mesures de potentiel de tige réalisées à une heure fixe. Le tableau 4 montre les résultats statistiques de cet essai.

Les résultats de cet essai suggèrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les mesures de potentiel de tige lorsque les heures d'ensachage sont différentes. D'après ces résultats, ni l'heure de pose des sachets ni le temps de l'ensachage des feuilles n'influent sur les

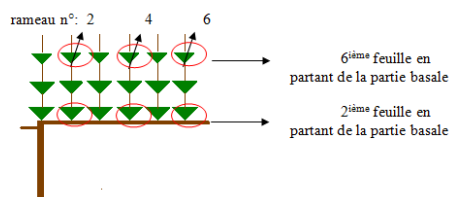


Figure 1: Dispositif expérimental mis en place pour l'étude de l'influence de la zone de prélèvement des feuilles sur les valeurs de potentiels de tige

Modalités	Rameau	Rang d'insertion de la feuille prélevée sur le rameau choisi	Heure d'ensachage	Heure de début mesure	Heure de fin de mesure
1	2	2	11h15	15h10	16h15
2	2	6			
3	4	2			
4	4	6			
5	6	2			
6	6	6			

Tableau 3 : Tableau récapitulatif du protocole mis en place le 14/08/01 pour l'étude de l'influence de la zone de prélèvement sur les valeurs de potentiel de tige

Modalités	Heure de pose des sachets			
	La veille, 16h30	9h	11h	13h
Ecart-type	0,06	0,04	0,04	0,09
Potential de tige moyenne (MPa)	-0,28	-0,31	-0,27	-0,33
Nombre de répétitions	6	6	6	6
Test de Newman-Keuls	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif

Tableau 4 : Résultats des potentiels de tige lors d'heures d'ensachage variables et d'une heure de mesure fixe du 29/06/01

valeurs de potentiel de tige. Toutefois, une nuance est à faire dans l'analyse de ces résultats. En effet, les valeurs mesurées le 29/06/01 révèlent un stress hydrique faible dû aux conditions climatiques de cette période. Il serait intéressant de confirmer ces résultats lorsque la contrainte hydrique est plus importante.

De plus, l'arrêt de la transpiration provoquée par l'ensachage des feuilles permet la formation d'un équilibre à l'intérieur des sachets plastiques. Les résultats montrent que l'équilibre entre le potentiel du rameau et le potentiel de feuilles est atteint après une heure au moins supérieure à une heure.

L'évolution du potentiel de tige suivant des heures d'ensachage différentes (figure 2) explicite les résultats statistiques.

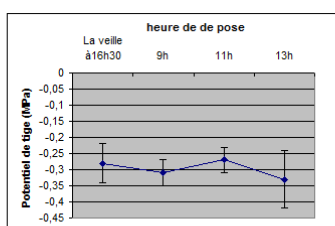


Figure 2 : Evolution du potentiel de tige lorsque les sachets sont posés à des heures variables et que les mesures sont faites à une heure fixe

Cette étude a permis de comparer des mesures de potentiel de tige à des heures variables, les heures d'ensachage étant fixes. Le tableau 5 présente les résultats statistiques de cette étude.

Il ressort de l'analyse statistique que les mesures faites à 13h35 et à 14h30 sont significativement différentes de celles réalisées à 15h30 et à 17h. Ces dernières mesures révèlent un stress hydrique un peu plus important. Il faut préciser que la température atmosphérique, entre la première mesure de 13h35 et la troisième de 15h30, avait augmenté. Aucune mesure expérimentale n'a pu être faite concrètement à ce moment pour noter l'élévation de température mais ceci pourrait expliquer les baisses des mesures de potentiel de tige de 15h30. La figure 3 le montre bien.

Modalités	Heure de mesure			
	13h35	14h30	15h30	17h
Ecart-type	0,03	0,03	0,021	0,04
Potential de tige moyenne (MPa)	-0,27	-0,3	-0,35	-0,31
Nombre de répétitions	5	5	5	5
Distinction par groupe des résultats par le test de Newman-Keuls	b	b	a	a

Tableau 5 : Résultats des potentiels de tige lors d'une heure d'ensachage fixe et d'heures de mesure variables du 26/07/01

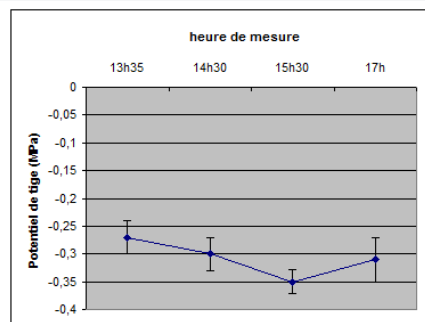


Figure 3 : évolution du potentiel de tige lorsque les sachets sont posés à une heure fixe et que les mesures sont faites à heures variables

Les conditions climatiques du 26/07/01 n'ont été, comme le montre les valeurs des potentiels, que très moyennement stressantes. Il serait intéressant comme pour la première étude de compléter ces résultats en recommençant cet essai lorsque le déficit hydrique est plus important.

Tout ceci met donc en avant l'importance des conditions climatiques lors des mesures de potentiel de tige. Ainsi, elles doivent être réalisées toujours dans les mêmes conditions, de préférence par temps sec et ensoleillé, sans aucun nuage. La durée d'ensachage n'aurait pas d'influence majeure sur les valeurs des potentiels.

Troisième étude : influence sur les mesures du potentiel de tige du rang d'insertion de la feuille sur le rameau :

Le tableau 6 donne les résultats montrant l'influence de la zone de prélèvement des feuilles. L'évolution du potentiel de tige est visible sur la figure 4. L'analyse statistique ne révèle pas de différences significatives entre les différentes modalités. Ni le rang ni la position du rameau sur lequel est choisie la feuille à prélever pour les mesures ne font varier les valeurs des potentiels. Ces résultats impliquent que le choix de la feuille à prélever n'est pas très important. Les valeurs de potentiel de tige montrent un stress hydrique plus important par rapport aux deux études précédentes. Cependant, il peut encore être considéré comme moyennement faible. La confirmation de ces résultats, lorsque le stress est élevé, serait intéressante. Cette étude ne montre donc pas d'interaction entre la position de la feuille et la valeur du potentiel de tige.

Modalités	Mesure sur les feuilles					
	Rameau 2		Rameau 4		Rameau 6	
	bas	haut	bas	haut	bas	haut
Ecart-type	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,06
Potential de tige moyenne (MPa)	-0,62	-0,52	-0,55	-0,55	-0,61	-0,53
Nombre de répétitions	6	6	6	6	6	6
Test de Newman-Keuls	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif	non significatif

(bas : rang 2 ; haut : rang 6)

Tableau 6 : Comparaison des valeurs de potentiel de tige traité statistiquement pour des mesures sur des feuilles d'âge et de position différents sur les rameaux du 14/08/01

Conclusion

La pertinence des mesures de potentiel de tige, comme indicateur du déficit hydrique chez la vigne, a été clairement montrée dans des travaux antérieurs. Ici, nous avons voulu voir l'influence de trois facteurs sur les valeurs de potentiel de tige, l'intérêt étant au final de trouver les meilleurs paramètres à prendre en compte pour les mesures. Il ressort de la première étude que l'heure d'ensachage n'influe pas sur les valeurs des potentiels de tige. Une heure d'ensachage suffit pour obtenir des mesures de potentiel stable.

La seconde étude montre l'importance des conditions atmosphériques lors des mesures. Il est primordial de faire les mesures tou-

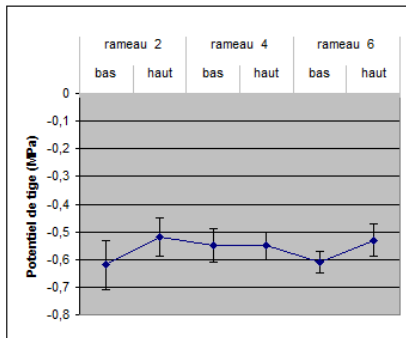


Figure 4 : évolution du potentiel de tige pour différentes zones de prélèvement des feuilles à mesurer

jours dans les mêmes conditions de préférence par temps sec et ensoleillé. La présence de nuages influe de façon non négligeable sur les valeurs des potentiels.

Pour ces deux études, la durée d'ensachage n'influe pas sur les valeurs des potentiels de tige mesurés lorsque la contrainte hydrique est faible. Ainsi, il serait intéressant de refaire le même type d'essai dans des conditions de stress hydrique plus importantes.

La dernière étude montre que ni le rang ni le rameau sur lequel la feuille est prélevée ne fait varier les mesures de potentiel. La feuille à prélever peut ainsi l'être sur l'ensemble du cep.

Enfin, il serait intéressant de confirmer tous ces résultats lorsque les conditions hydriques sont plus stressantes et de voir s'il existe des différences dans les mesures des potentiels de tige lorsque l'on utilise des feuilles secondaires.

Références bibliographiques

SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.J., BRADSTREET A. et HEMMINGSEN E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. Science, 148, 339-346 (in CHONE et al, 2000).

CHONE X., TREGOAT O., VAN LEEUWEN C., et DUBOURDIEU D., 2000. Déficit hydrique modéré de la vigne : parmi les 3 applications de la chambre à pression, le potentiel tige est l'indicateur le plus précis. J. Inter. Sci. Vigne Vin, 34,169-176.

CHONE X., TREGOAT O., VAN LEEUWEN C., 2001. Stem water potential is a better indicator to survey and to manage field grown vine water deficits. 12ième journée du GESCO, 49-52.