

Application du modèle de bilan hydrique WaLIS pour prédire le potentiel hydrique foliaire de tige sur cépage Colombard en Côtes de Gascogne.

Thierry DUFOURCQ¹, Guillaume BARRAUD¹, Xavier DELPUECH², Christian DEBORD³, Rémi GAUDIN⁴

¹ Institut Français de la Vigne et du vin - Pôle Sud-ouest, Château de Mons, 32100 Caussens, France

² Institut Français de Vigne et du Vin – Pôle Rhône-Méditerranée, Domaine de Donadille, 30230 Rodilhan, France

³ Institut Français de la Vigne et du Vin, Pôle Bordeaux-Aquitaine, 39 rue Michel Montaigne 33290 Blanquefort, France

⁴ SupAgroMontpellier, UMR SYSTEM, 2 Place Viala, Bât. 27, 34060 Montpellier Cedex 2 – France

Email: thierry.dufourcq@vignevin.com

Résumé : Le modèle WaLIS (Water baLance for Intercropped Systems) est un modèle de bilan hydrique qui simule l'évolution de la teneur en eau du sol au pas de temps journalier. Il est adapté pour tenir compte, en viticulture, de la compétition vis-à-vis de l'eau due à la présence d'un enherbement sur la parcelle. Il existe une relation entre la fraction d'eau disponible dans le sol pour la plante (FTSW), qui peut être mesurée ou simulée, et le potentiel hydrique foliaire de base (Ψ_p) qui est un indicateur de l'état hydrique de la vigne. Dans les conditions pédo-climatiques du vignoble des Côtes de Gascogne, l'état hydrique de la vigne se caractérise, au cours du cycle, par des déficits faibles à modérés. Dans ce cas, l'indicateur préférentiel d'état hydrique utilisé est le potentiel foliaire de tige (Ψ_{stem}). L'objectif de cette étude est d'appliquer le modèle WaLIS pour prédire le potentiel hydrique foliaire de tige sur cépage Colombard dans des situations de contraintes hydriques modérées. Les indicateurs (FTSW, Ψ_p , Ψ_{stem}) ont été reliés sur la base de 5 classes de contrainte hydrique. La relation $\Psi_p = f(FTSW)$ a ainsi été transformée en $\Psi_{stem} = f(FTSW)$. Le modèle a été paramétré pour produire une valeur de Ψ_{stem} simulée. Nous avons ensuite contrôlé les Ψ_{stem} sur un dispositif de 3 parcelles de Colombard avec et sans irrigation entre 2010 et 2012. Les résultats montrent une prédiction correcte dans un objectif de classification simple de la contrainte hydrique. Dans l'ensemble le modèle sous-estime légèrement le potentiel mesuré. L'utilisation de ce modèle pourrait permettre de diagnostiquer à l'échelle du vignoble les situations de déficits à risque en relation avec les profils de vin attendus et de fournir, le cas échéant, une indication pour un pilotage de l'irrigation.

Mots-Clés : vigne enherbée, FTSW, potentiel hydrique tige, contrainte hydrique, Colombard

Introduction

De nombreux indicateurs physiologiques existent pour évaluer l'état de contrainte hydrique de la vigne. Ces mesures peuvent prendre du temps et être relativement lourdes à réaliser (potentiel hydrique foliaire) ou ne sont représentatives que d'une partie du cycle de la vigne (delta C13) (de plus pour ce dernier, a posteriori). Le modèle WaLIS (Water baLance for Intercropped Systems) est un modèle simple de bilan hydrique (Celette et al., 2010). Il simule, au pas de temps journalier, la fraction d'eau du sol disponible pour la vigne (FTSW : Fraction of Transpirable Soil Water) qui est un indicateur relié aux processus physiologiques de la vigne (Pellegrino et al., 2005). Ce modèle peut être utilisé pour tous les types de vignobles palissés qu'ils soient enherbés ou non. Ce modèle a surtout été étudié en climat méditerranéen (Celette et al., 2010). Les données journalières : pluie, température moyenne et évapotranspiration (ETP) sont les variables d'entrées. Le paramétrage du modèle prend en compte la croissance de la vigne, la régulation de la transpiration lorsque le sol s'assèche et les caractéristiques propres à la parcelle (sol et vigne). WaLIS a été adapté à partir d'un modèle simple de bilan hydrique de la vigne sur sol nu (Lebon et al., 2003) qui s'appuie sur un modèle d'interception du rayonnement par la plante (Riou et al. 1989). WaLIS tient compte de la compétition hydrique qui résulte de la présence d'un enherbement sur la parcelle. L'association d'une vigne avec un enherbement se caractérise par une exploration racinaire différente et par des cycles de croissance décalés des deux cultures (Celette et al., 2005). De ce fait, le système est décrit dans un cadre bidimensionnel (axe latéral, profondeur) par deux compartiments (Celette, 2010). De nombreuses études ont montré que la fraction d'eau du sol disponible pour la vigne (FTSW) peut être mise en relation avec l'état hydrique de la vigne mesuré par le potentiel hydrique foliaire de base (Ψ_p). (Lebon et al., 2003 ; Pellegrino et al., 2006). Ainsi la simulation de la FTSW permet aussi une simulation du Ψ_p qui est un indicateur de référence de l'état hydrique de la plante en région Méditerranéenne. Le vignoble de Gascogne, situé dans la partie sud-ouest de la France, est un vignoble sous influence océanique qui présente une pluviométrie régulière mais variable d'un millé-

sime à l'autre. Cela induit généralement des niveaux de contraintes hydriques pour la vigne modérés mais rarement sévères (Dufourcq et al., 2006). Dans ce contexte, l'indicateur utilisé depuis une dizaine d'années pour caractériser la contrainte hydrique dans ce vignoble est préférentiellement le potentiel hydrique de tige (Ψ_{stem}) (Choné et al., 2000). De plus, en Maine et Loire, dans des conditions climatiques d'influence atlantique, le modèle WaLIS s'est montré performant pour simuler la FTSW sur une parcelle expérimentale (Delpuech et al., 2010).

L'objectif de ce travail est d'essayer de vérifier si dans les situations pédo-climatiques régionales, il est possible d'établir une relation entre le potentiel hydrique de tige mesuré et la FTSW simulée par le modèle WaLIS. Celle-ci permettrait de multiplier les situations d'études à l'échelle de la région viticole, et ainsi de repérer les situations à risques d'écart trop important par rapport à un itinéraire hydrique défini en relation avec les objectifs de production.

Matériels et méthodes

Les variables d'entrée du modèle sont constituées par les données journalières de température moyenne, de précipitation et d'évapotranspiration potentielle. Ces données sont issues d'une station météorologique automatique CIMEL située à proximité des parcelles ou fournies par Météo France. Il y a 40 paramètres à renseigner pour caractériser chaque parcelle. Neuf ont fait l'objet de mesures : TTSW (Total Transpirable Soil Water), proportion de la couverture du sol par l'enherbement, date de débournement, latitude, écartement entre rangs, orientation des rangs, hauteur, épaisseur et porosité du feuillage. D'autres ont été estimés à partir de la bibliographie comme le coefficient de ruissellement (CN : Curve Number) ou la TTSW de l'enherbement. Ensuite le reste des paramètres a été laissé par défaut au paramétrage initial. Les sorties du modèle ont été générées via un accès web (<http://walis.vignevin.com/>) mis en place par l'Institut Français de la Vigne et du Vin.

Les mesures de potentiels hydriques de tige (Ψ_{stem}) ont été réalisées à l'aide d'une chambre à pression de type Scholander. Six pieds identifiés sont mesurés plusieurs fois au cours de la saison sur chaque parcelle.

Trois parcelles ont servi pour ce travail. Ces parcelles font partie d'un dispositif d'étude de l'irrigation par goutte à goutte et présente une zone témoin sans apport d'eau. La parcelle SF (Tableau I) est une parcelle expérimentale (300 pieds). Les parcelles PG et PS (2 ha) sont en production.

Tableau I : principales caractéristiques des parcelles expérimentales

parcelle	SF	PG	PS
cépage	Colombard	Colombard	Colombard
plantation	2.65m x 1 m	2.50m x 1m	2.8m x 1m
TTSW	150 mm	200 mm	200 mm
% grass cover	35%	25%	22%

Résultats

Au cours des trois dernières années, les variations climatiques (précipitations et températures) ont été importantes (tableau II).

Tableau II: conditions climatiques pendant la période d'étude d'après le système CCM ; IH= indice de Huglin ; IF= indice de fraîcheur des nuits ; IS= indice de sécheresse.

paramètres	période	2010	2011	2012	Moyenne (15 ans)
IH (°C.J)	1/4 - 31/9	1977	2235	2004	2085
IF (°C)	1/9 - 31/9	11,8	14,3	12,9	12,9
IS (mm)	1/4 - 31/9	89	89	61	91
pluie annuelle (mm)	1/1 - 31/12	632	549	626	620
pluie estivale (mm)	1/6 - 1/9	115	213	148	141
pluie estivale (nombre de jours)	92	20	35	25	28

Relation entre Ψ_{stem} et FTSW : Il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude qui permette d'établir une relation entre le Ψ_{stem} et la FTSW. Nous avons donc repris dans Van Leeuwen et al. (2007, 2009) et Ojeda (2007) le tableau qui pour chaque classe de contrainte hydrique indique ses limites en termes de potentiel de tige et potentiel de base. Ensuite, grâce à la relation qui lie FTSW et Ψ_p (Lebon et al., 2003), nous avons complété les limites de classes par des valeurs correspondantes en FTSW. Nous avons 6 valeurs, sur lesquelles nous appliquons une régression de type exponentielle (Figure 1) pour établir une relation continue. Avec cette relation $\Psi_{stem} = f(FTSW)$, nous avons pu grâce à WaLIS simuler l'évolution des potentiels de tige sur les parcelles. Ensuite, nous avons, sur ces mêmes parcelles, réalisé des mesures de potentiel hydrique de tige pour évaluer la pertinence de la simulation. La relation est robuste sur un intervalle de confiance à 5% (Figure 2). La valeur théorique sous-estime la valeur mesurée, principalement pour des potentiels faiblement négatifs (<-0,80 MPa).

Simulation du Bilan hydrique et pilotage de l'irrigation : Sur une des parcelles, SF, nous disposons d'une partie irriguée par goutte à goutte et d'un témoin non irrigué. L'objectif était de piloter les apports d'eau pour se situer à -0,6MPa à la véraison puis autour de -1Mpa à la récolte ce qui a été correctement maîtrisé (Figure 3). De son côté, la parcelle non irriguée présente un itinéraire hydrique bien différencié. Elle entre en contrainte hydrique (-0,6MPa) un mois avant la véraison et est en déficit hydrique (-1,4MPa) un mois avant la récolte. A l'aide de l'outil WaLIS, nous avons comparé les simulations de bilan hydrique, converties en potentiel hydrique de tige, avec les mesures de terrain. La simulation apparaît correcte,

bien que sous estimant la contrainte sur le témoin. Compte tenu de la variabilité de la mesure entre les pieds (l'intervalle de confiance moyen à 95% se situant à 0,1MPa), la modélisation des données par l'outil WaLIS est intéressante et aurait pu permettre son utilisation a priori pour décider des apports d'eau.

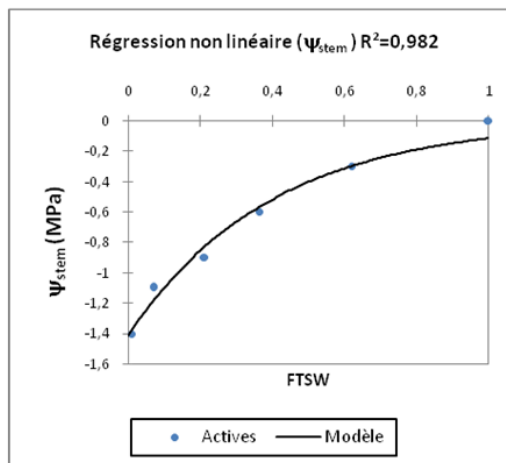


Figure 1 : régression non linéaire entre la fraction d'eau disponible du sol (FTSW) et le potentiel hydrique de tige (Ψ_{stem}), d'après les données de potentiel fournies par Lebon et al. (2003) et Van Leeuwen et al. (2007)

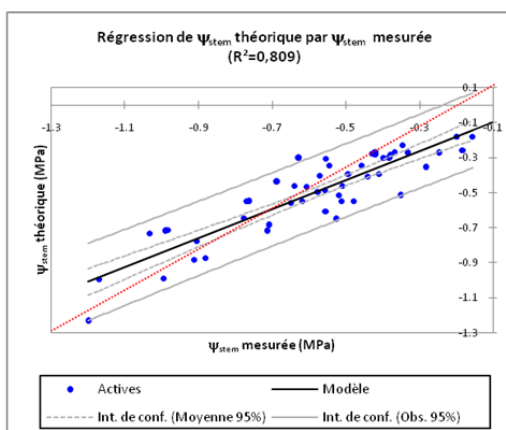


Figure 2 : relation between measured Ψ_{stem} and simulated Ψ_{stem} obtained by using the FTSW calculated by the WaLIS model

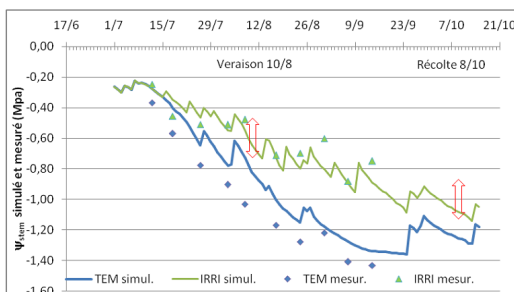


Figure 3 : Potentiel hydrique de tige simulé par WaLIS (à travers FTSW) (simul.) et mesuré (mesur.) sur une parcelle d'étude de l'irrigation ; TEM = témoin non irrigué ; IIRI = irrigation ; cépage Colombard ; parcelle SF ; millésime 2012.

Conclusion

Les vins produits dans la région sont des vins blancs fruités légers. Ce type de vin pour être valorisé nécessite une production de raisins en quantité suffisante (15 tonnes de raisins par hectare) ainsi qu'une alimentation en eau ample avec cependant une contrainte limitée durant la phase de maturation pour assurer une qualité satisfaisante. Le contexte climatique changeant entraîne une interrogation forte des professionnels vis-à-vis de l'implantation de systèmes d'irrigation qui permettraient de maîtriser les apports d'eau et d'assurer la qualité de la production. Le modèle de bilan hydrique WaLIS s'est montré performant pour simuler le potentiel de tige, un indicateur de contrainte hydrique sensible en contrainte faible à modérée. Les simulations de WaLIS (sur millésimes en cours et antérieurs) pourraient être intégrées dans un outil d'aide à la décision pour identifier les parcelles à risque sur lesquelles l'irrigation devrait permettre d'atteindre l'objectif produit. Une étape suivante pourrait être de développer un outil de pilotage de l'irrigation en temps réel.

Références bibliographiques

Celette F, Wery J, Chantelot E, Celette J and Gary C., 2005. Belowground interactions in a vine (*Vitis vinifera* L.)-tall fescue (*Festuca arundinacea* Shreb.) intercropping system: water relations and growth. *Plant and Soil*: 276(1-2), 205-217.

Celette F., Ripoche A., Gary C., 2010. WaLIS-A simple model to simulate water partitioning in a crop association: The example of an intercropped vineyard. *Agric. Water Manage.*, 97, 1749-1759.

Choné X., Trégoat O., Van Leeuwen C., Dubourdieu D., 2000. Déficit hydrique modéré de la vigne: parmi les trois applications de la chambre à pression, le potentiel tige est l'indicateur le plus précis. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 34(4), 169-176.

Delpuech X., Celette F., Gary C., 2010. Validation du modèle de bilan hydrique WaLIS en vigne enherbée en conditions méditerranéennes et atlantiques. AFPP – 21^{ème} conférence du COLUMA : Journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon, 8 et 9 décembre 2010, 11p.

Dufourcq T., Schneider R., Renard R., Serrano E., 2006. Incidences of the climate, the soil and the harvest date on Colombar aromatic potential in Gascony. Proceedings of the 6th International Terroir Congress, Bordeaux (France), 391-395.

Ojeda H., 2007. Irrigation qualitative de précision de la vigne. *Progress Agricole et Viticole*, 124(07), 133-141.

Pellegrino A., Lebon E., Simonneau T., Wery J., 2005. Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 306-315.

Pellegrino A., Gozè E., Lebon E., Wery J., 2006. A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. *European Journal of Agronomy*, 25, 49-59.

Riou, C., Valancogne C., Pieri P., 1989. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne - vérification expérimentale. *Agronomie*, 9, 441-450.

Van Leeuwen C., Tregat O., Choné X., Gaudillère J-P., Pernet D., 2007. Different environmental conditions, different results: the role of controlled environmental stress on grape quality potential and the way to monitor it. Proceedings of the 13th Australian Wine Industry Technical Conference, 29 July - 2 August 2007, Adelaide, South Australia (2007).

Van Leeuwen C., Tregat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillère J.P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 43(3), 121-134

Ce qu'il faut retenir

Le modèle WaLIS (Water baLance for Intercropped Systems) est un modèle de bilan hydrique en viticulture qui simule l'évolution de la teneur en eau du sol au pas de temps journalier.

WaLIS tient compte de la compétition hydrique avec la vigne qui résulte de la présence d'un enherbement sur la parcelle.

Le modèle de bilan hydrique WaLIS s'est montré performant pour simuler le potentiel de tige sur Colombar qui est l'indicateur utilisé depuis une quinzaine d'année pour caractériser la contrainte hydrique dans le vignoble de Gascogne.

Les simulations de WaLIS pourraient permettre d'identifier les parcelles à risque sur lesquelles l'irrigation serait une réponse au maintien des objectifs de production.