

Des outils de mesure directe sur le cep aux méthodes d'évaluation au vignoble

CONTACT :

Jean-Christophe Payan

Ingénieur en agronomie viticole, IFV Pôle Rhône-Méditerranée

jean-christophe.payan@vignevin.com

Avec les préoccupations croissantes liées aux répercussions du changement climatique sur la viticulture et les périodes estivales plus chaudes et sèches qu'auparavant, les gestionnaires de vignoble cherchent à quantifier l'intensité des contraintes constatées et à en caractériser l'évolution. Les besoins en outils de diagnostic et outils d'aide à la décision à déployer au vignoble sont nombreux. Des outils de mesures directes permettant d'appréhender le fonctionnement des plantes et définir des abaques d'interprétation, aux méthodes de caractérisation de la contrainte hydrique plus simple d'accès mais parfois imprécises, une solution applicable au vignoble réside souvent dans la complémentarité des indicateurs pour répondre aux besoins particuliers des opérateurs.

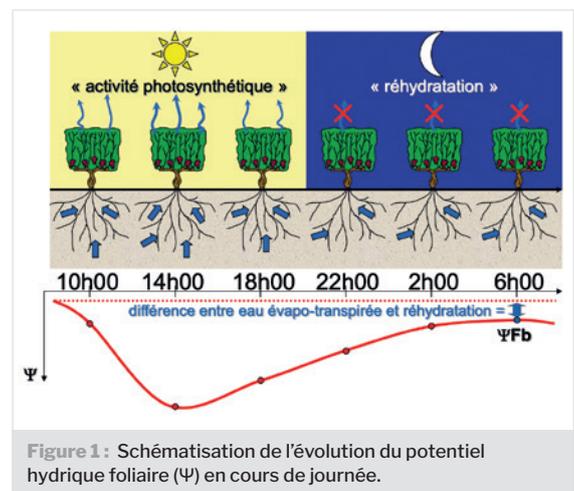
1. Des mesures directes aux grilles de diagnostic de la contrainte hydrique

Utilisation d'une chambre à pression

L'usage d'une chambre à pression pour définir le niveau de contrainte hydrique d'une plante est une technique simple et précise, historiquement connue, utilisée et validée par le milieu scientifique. Cette technique a été décrite par Schölander dès 1964 et très pédagogiquement présentée par Champagnol en 1984. Comme l'illustre la figure 1, l'objet de la méthode est de définir la « force » que doit développer la plante pour extraire l'eau du sol. La feuille sert d'indicateur du fonctionnement général de la plante. Plus cette force est importante, plus le sol est sec ou la demande climatique importante. La vigne se comporte ainsi comme une éponge posée au sol qui s'hydrate avec l'humidité de ce dernier et s'assèche sous l'effet de la demande climatique (et de la transpiration). En milieu de journée, la force nécessaire pour extraire l'eau du

sol est plus importante qu'en fin de nuit, lorsqu'un état d'équilibre est atteint avec les capacités d'hydratation offertes par le sol. La force mesurée avec cet outil correspond à une pression et permet de caractériser précisément l'état hydrique des plantes à différents moments de la journée. En fonction de l'heure de mesure ou du protocole mis en œuvre, trois indicateurs peuvent être décrits :

- **le potentiel hydrique foliaire de base**, mesuré en fin de nuit avant la reprise de l'activité photosynthétique, représente l'état de disponibilité en eau du sol ;
- **le potentiel foliaire** mesuré à tout moment de la journée, représente l'état de contrainte hydrique de la plante, fonction des disponibilités en eau du sol, des conditions météorologiques de l'heure de mesure et des feuilles sélectionnées (assez grande variabilité de l'échantillonnage) ;
- **le potentiel de tige** (ou de feuille ensachée) permet de décrire avec davantage de représentativité l'état hydrique de la plante au moment de la demande transpiratoire maximale (midi solaire).





De nombreuses mesures réalisées directement au champ avec une lecture instantanée ont permis de proposer différents seuils d'interprétation de la contrainte hydrique en fonction de la période du cycle phénologique. Ces grilles de lecture sont assez bien diffusées dans la littérature technique viticole et adaptés aux contextes locaux de production ou à la typologie des vins attendus.

Mesurer l'activité physiologique

La contrainte hydrique agit directement sur l'activité photosynthétique de la vigne. Quantifier l'activité photosynthétique des feuilles est possible en mesurant les échanges gazeux sur une surface prédéfinie des feuilles directement à la parcelle. Lorsque la contrainte hydrique s'installe, afin de limiter les pertes en eau et la déshydratation des tissus, la plante réduit sa transpiration et par là-même ses capacités photosynthétiques. Des petits organes foliaires, les stomates, situés préférentiellement sur la surface inférieure, permettent cette régulation en s'ouvrant et se fermant au gré des besoins. En mesurant ces pertes des feuilles en eau, on définit ainsi le paramètre de « conductance stomatique » qui est d'autant plus important que la contrainte est absente. D'autres instrumentations permettent également de mesurer les échanges de CO₂ et donc l'assimilation nette en carbone réalisée par l'activité physiologique.

L'ensemble de ces mesures permet de connaître l'intensité photosynthétique. Bien que généralement réservées à la recherche agronomique, ces méthodes présentent l'avantage de caractériser avec précision le fonctionnement des plantes pour mieux interpréter leur comportement dans un contexte agronomique donné. La figure 2 illustre la relation entre contrainte hydrique mesurée à la chambre à pression et activité photosynthétique. Cette relation permet d'identifier les seuils de contrainte au-delà desquels la vigne cesse toute activité et entre en période de « blocage ». Ce sont des informations précieuses pour la bonne interprétation des conséquences de la contrainte au vignoble et proposer des grilles de lecture.

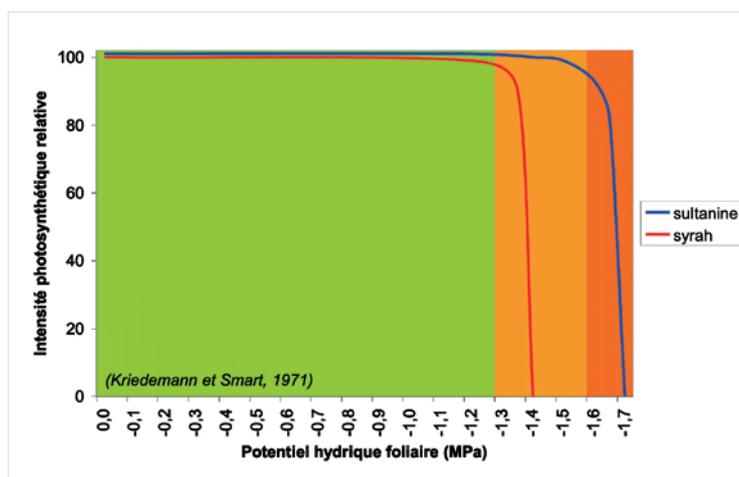


Figure 2 : Exemples de courbes de réponse de la photosynthèse à la contrainte hydrique chez la vigne.

Interpréter la contrainte hydrique, notion d'itinéraire hydrique

L'acquisition répétée d'informations sur les parcelles expérimentales a permis de structurer d'importantes bases de données et de qualifier le comportement hydrique des vignes sur plusieurs millésimes. Associées à la mesure de descripteurs usuels au vignoble traduisant la vigueur générale des plantes, leur dynamique de croissance, les composantes du rendement ou leurs capacités de mises en réserves, plusieurs grilles d'interprétation de la contrainte hydrique sont aujourd'hui accessibles (exemple figure 3). Ces grilles d'interprétation intègrent la notion de parcours hydrique, c'est-à-dire l'itinéraire recommandé pour proposer une vigueur et un rendement en adéquation avec les objectifs locaux de production. Cet itinéraire hydrique présente l'avantage de quantifier les seuils de contrainte hydrique qu'il ne faudrait pas dépasser pour permettre de soutenir la production et maintenir la vigueur des vignes concernées, seuils qui sont évolutifs avec l'avancée de la saison, la tolérance à la contrainte hydrique allant de façon croissante du débourrement jusqu'aux vendanges. L'interprétation des mesures de référence réalisées au vignoble devient accessible avec ces grilles d'interprétation.

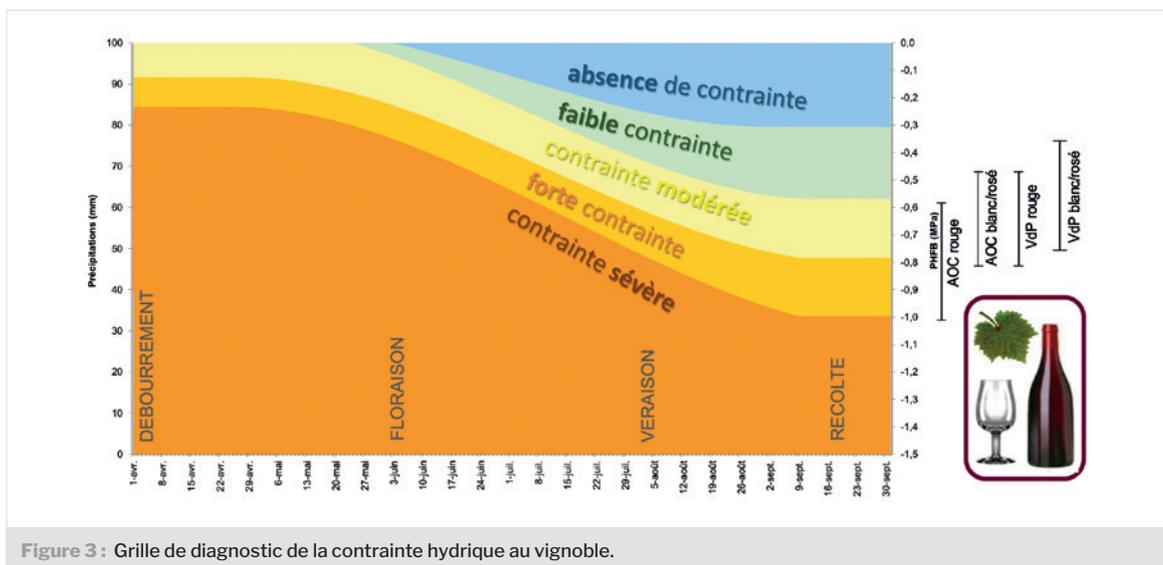


Figure 3 : Grille de diagnostic de la contrainte hydrique au vignoble.

2. Des outils et méthodes d'évaluation à la parcelle vers les bulletins-conseil

Les mesures de référence sont précises mais techniquement ou économiquement difficiles d'accès pour un suivi régulier ou sur des zones étendues du vignoble. Pour pallier ces inconvénients, il existe différentes outils ou méthodologies permettant de mesurer, enregistrer ou caractériser l'évolution de la contrainte hydrique au vignoble directement sur le végétal ou en s'intéressant à la disponibilité en eau des sols.

Mesure de la teneur en eau des sols

La mesure de la teneur en eau des sols est une pratique courante en agronomie. Elle se réalise facilement au travers de différents appareillages assez simples à installer et relativement peu onéreux. Les solutions de suivi automatisées sont proposées par les constructeurs pour faciliter la caractérisation des parcelles et l'accès en temps réel à l'information. Le principe consiste à disposer une ou plusieurs sondes à différentes profondeurs dans le sol afin de caractériser la disponibilité hydrique de la zone prospectée, suivre le dessèchement progressif du sol dans les

différents horizons et quantifier l'efficacité des pluies ou des irrigations sur la réhumectation du sol. La tensiométrie fait certainement partie des techniques les plus utilisées. Appliquée à la diversité des types de sol et de leurs profondeurs à l'échelle d'un vignoble, cette méthodologie présente quelques limites d'interprétation : d'une part en fonction de l'hétérogénéité intra-parcellaire, il est assez délicat de situer avec justesse l'emplacement de la parcelle le plus représentatif, recommandant l'installation de plusieurs outils de mesure dans la parcelle pour une même profondeur de sol prospectée. D'autre part en raison de la grande variabilité des profils racinaires rencontrés au vignoble, il est a priori très difficile de définir à l'avance et de conseiller la zone du sol à mesurer pour être représentatif du comportement de la plante entière. A minima il faut être en mesure d'installer des appareillages à différentes profondeurs, couvrant la zone d'enracinement préférentielle. Cette zone est difficile d'accès, particulièrement dans les sols superficiels ou pierreux, pouvant rendre l'interprétation des valeurs mesurées assez aléatoire. L'installation de ce type de dispositif reste toutefois extrêmement intéressant et recommandée à double titre :

- quelle que soit la représentativité de la zone du sol mesurée, l'information sur le niveau de réhydratation au sortir de l'hiver ou en fin de printemps est



Figure 4 : Classification des apex en pleine croissance (A), croissance ralentie (B) ou en arrêt de croissance (C).

autrement très difficile d'accès et rare. Par ailleurs, ces appareillages témoignent avec justesse de la capacité de pénétration ou de ruissellement des épisodes pluvieux et des irrigations.

- ➔ toutes choses étant égales par ailleurs, le suivi pluriannuel des parcelles équipées traduit la dynamique de survenue de la contrainte hydrique et caractérise avec justesse l'intensité relative du millésime en cours sur la contrainte hydrique vis-à-vis des dernières années analysées.

L'équipement de quelques parcelles d'un vignoble en outils de suivi de l'eau dans le sol est une information précieuse à l'interprétation des mesures et observations réalisées par ailleurs, ainsi que pour l'édition des bulletins de conseil à l'irrigation. Cette information est trop souvent absente des réseaux de mesure.

L'observation des apex

Une autre méthode indirecte d'interprétation de la contrainte hydrique consiste en l'observation régulière des apex. La méthode repose sur le principe selon lequel la croissance végétative est la première fonction physiologique à être affectée par la contrainte hydrique. En classifiant les apex selon 3 typologies distinctes (figure 4), on arrive ainsi à caractériser fidèlement la dynamique de croissance (en absence d'écimages qui perturbent l'observation) :

- ➔ pleine croissance : lorsque les deux dernières

feuilles étalées repliées le long de l'axe du rameau ne recouvrent pas l'apex

- ➔ croissance ralentie : lorsque l'apex est recouvert par les deux dernières feuilles étalées repliées le long du rameau
- ➔ arrêt lorsque l'apex est sec ou a chuté.

En reliant les observations réalisées sur une cinquantaine d'apex situés sur le dessus de la végétation avec des mesures de contrainte hydrique faites à la chambre à pression, il est possible de diagnostiquer la parcelle selon 4 catégories de contrainte hydrique : absence / modérée / forte / sévère.

Mesure du Delta C13

L'analyse du rapport isotopique, **Delta C13**, des sucres des raisins à maturité est un autre indicateur fiable et simple d'accès qui donne une qualification *a posteriori* de la sensibilité des vignes à la contrainte hydrique. Son obtention nécessite l'analyse en laboratoire des proportions des 2 isotopes naturels du carbone dans l'atmosphère : le carbone 12 et le carbone 13. Le diagnostic de la contrainte hydrique repose sur le principe suivant : lorsque la plante est correctement alimentée en eau, ses échanges gazeux avec l'atmosphère sont maximums et la photosynthèse induite fixe préférentiellement l'isotope 12 du carbone atmosphérique dans les sucres photosynthétisés. En présence de contrainte hydrique, une des réponses de la plante

pour s'adapter à la situation est la fermeture totale ou partielle de ses stomates. Les échanges gazeux avec l'atmosphère sont ainsi freinés et la photosynthèse a tendance à fixer davantage l'isotope 13 du carbone atmosphérique dans les sucres photosynthétisés. L'analyse du rapport entre les isotopes 12 et 13 du carbone des sucres des raisins lors des vendanges traduit ainsi le degré moyen de contrainte hydrique subit par la plante pendant la phase de maturation des raisins. Cette analyse étendue à l'ensemble des parcelles d'un vignoble permet ainsi à titre d'exemple une cartographie fidèle des différentes sensibilités des parcelles.

Les intérêts et limites de la modélisation

Les méthodes et outils de mesure présentés ci-avant offrent des possibilités de caractérisation robuste de la contrainte hydrique au vignoble. Cependant ils sont soit difficiles d'accès (chambre à pression), soit peu généralisables (échanges gazeux, humidité des sols), soit peu précis (apex) ou avec une caractérisation a posteriori (DeltaC13) pour en faire des outils d'aide à la décision utilisables en routine. Le recours à la modélisation de la contrainte hydrique a été envisagé pour

pallier ces inconvénients. La modélisation suppose l'utilisation de formalismes mathématiques permettant de simuler l'évolution de la teneur en eau des sols en fonction des caractéristiques météorologiques du lieu d'étude (figure 5). Le niveau projeté de contrainte hydrique est alors en grande partie tributaire de la réserve utile maximale en eau de la parcelle et de la prise en compte plus des itinéraires techniques et des spécificités des modes de conduite du vignoble. Il existe plusieurs modèles avec des degrés variés de complexité du paramétrage pour tendre vers une prédiction optimale, la simplicité d'usage étant proportionnelle aux informations à fournir et à la performance attendue.

L'intérêt de la modélisation réside dans la couverture géographique permise par la méthode et par la simplicité de simulation de la dynamique d'établissement en temps réel de la contrainte hydrique. La connaissance précise de la capacité du sol à stocker l'eau est l'un des facteurs limitants à l'utilisation des modèles. Bien souvent, des hypothèses sont émises quant aux différents niveaux de réserve en eau représentatifs d'un vignoble afin de simuler les situations les plus explicites. Appliquée à l'échelle des vignobles, la modélisation permet ainsi des projections d'état hydrique théorique des différents types de sol, permet de comparer facilement l'évolution de la contrainte entre différentes parcelles et de garder une vigilance sur l'intensité de survenue de la contrainte.

Conclusion : des complémentarités nécessaires

L'objectif de cette revue restreinte d'outils et méthodes est de mettre à connaissance la diversité des approches possibles et les atouts et contraintes d'utilisation de chacune d'entre elle. En pratique, l'outil permettant un suivi étendu, précis, simple d'accès et démocratisable n'existe pas encore. Les bulletins de surveillance de la contrainte hydrique ou de conseil à l'irrigation se basent aujourd'hui la plupart du temps sur une complémentarité de chacun d'entre eux, en mettant au centre de l'interprétation les connaissances pratique et les compétences du technicien gestionnaire du vignoble. Chronologiquement, le suivi se base fréquemment sur la modélisation cli-

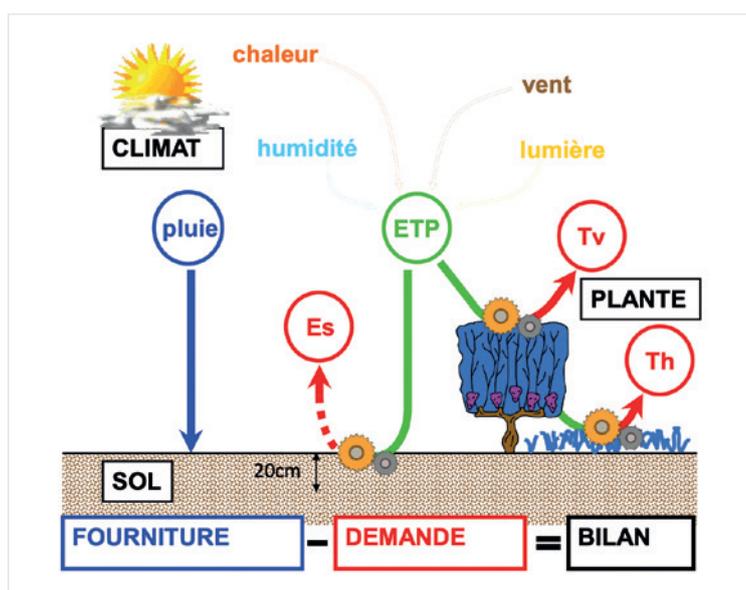


Figure 5 : Principe de modélisation du bilan hydrique.



matique permettant le suivi régulier de l'évolution de la contrainte hydrique, couplée à des mesures de l'humidité des sols dans quelques points du vignoble pour confirmer les hypothèses initiales de teneur en eau des sols. Lorsque la saison avance, les simulations proposées par les bilans hydriques sont alors confrontées au suivi de plusieurs parcelles de référence avec des indicateurs simples d'accès (apex), validés par des mesures directes au champ à la chambre à pression lorsqu'approche la prise de décision de recours à l'irrigation. À terme, les études envisagées aujourd'hui visent à améliorer la connaissance de l'hétérogénéité structurelle des vignobles par des relevés en routine d'indicateurs tels que le Delta C13 ou la méthode des apex qui s'est démocratisée avec le développement d'une application smartphone (figure 6) permettant le partage de la connaissance dans un démarche participative afin de définir avec précision les clés d'extrapolation du suivi instrumenté de quelques parcelles de référence seulement, qui permettraient de fidéliser la connaissance étendue de la contrainte hydrique sur l'ensemble du domaine (projet MapX-Vigne en cours de réalisation).



Figure 6 : Illustration de l'application smartphone « ApeX-Vigne ».