

Exemple de mesure de la contrainte hydrique par infrarouge en Val de Loire

CONTACT :

Nicolas Pichard

Œnologue et conseiller viticole, Chambre d'agriculture d'Indre-et-Loire

nicolas.pichard@cda37.fr

L'état hydrique de la vigne influence le rendement, la vigueur et le potentiel qualitatif du raisin. Les sécheresses estivales augmenteront probablement d'ici 2030 et 2080. L'objectif de cette étude est de développer une méthode de mesure du stress hydrique par infrarouge (IR) qui soit : pratique, fiable et abordable pour les viticulteurs. L'écart entre la température du feuillage de la vigne mesurée par IR, et la température ambiante estime sa capacité d'évapotranspiration et donc son état hydrique. Ces écarts sont mesurés soit ponctuellement, soit en continu. Depuis 2018, des comparaisons sont réalisées avec une méthode de référence : le potentiel hydrique de tige à l'aide d'une chambre à pression. Durant les 5 dernières années, 2022 fut avec 2019, une année de contrainte hydrique marquante.

Objectif

L'objectif est de développer une méthode de référence pour estimer le stress hydrique de la vigne par la mesure de la température infrarouge du feuillage. Pour se faire, nous allons utiliser plusieurs méthodes comme outils d'aide à la décision (OAD) : la chambre à pression avec le potentiel de tige (Ψ_t - méthode de référence pour le déficit hydrique chez les végétaux) ; les capteurs IR portatifs ; les capteurs IR fixes ; les stations météorologiques (pour évaluer les temps de sécheresses). Le projet a pour finalité le transfert et le développement de l'outil à infrarouge pour la détermination du stress hydrique. Afin de mener à bien cet objectif, il est essentiel de répondre à ces sous objectifs :

- ➔ I. Évaluer la méthode avec l'appareil à infrarouge, en utilisant différentes méthodes pour mesurer son efficacité.
- ➔ II. Évaluer les limites de la méthode en utilisant l'appareil à différentes modalités.

- ➔ III. Proposer aux viticulteurs des outils viables et fiables pour prévenir les risques sur leurs parcelles.

Méthode

La mise en place parcellaire expérimentale est basée sur les données des potentiels de tige (Ψ_t) effectués d'un côté par la chambre à pression qui représente ainsi le témoin de l'essai. Les mesures sont réalisées conformément au protocole avec un ensachement des feuilles deux heures avant la prise de mesure à la chambre à pression, au midi solaire. Toutes les mesures de l'étude ont été effectuées entre juin et fin août 2022.

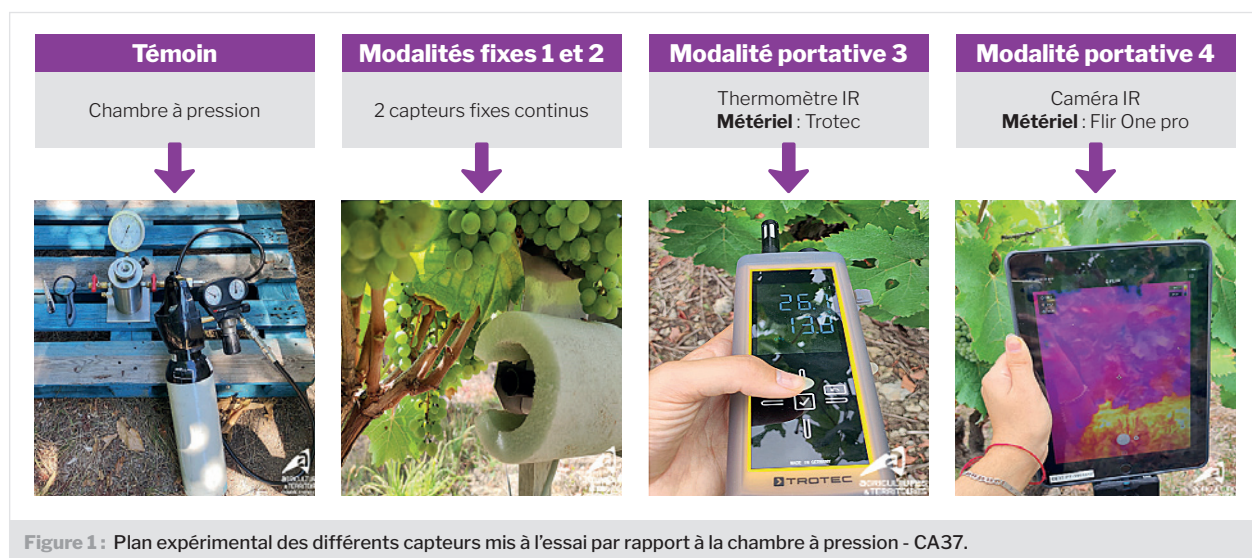
De l'autre côté, la thermométrie IR est basée sur le principe du Stress Degree Day (SDD).

$$SDD = \text{Température du feuillage} - \text{Température ambiante}$$

➔ $+2^\circ\text{C}$ = stress modéré

➔ $+3^\circ\text{C}$ = stress fort

L'évapotranspiration du feuillage permet le changement d'état de l'eau liquide en vapeur, ce qui engendre une perte d'énergie traduite par une baisse de température. Cette méthode consiste à mesurer la température de chauffe du feuillage en comparant la température du feuillage avec la température ambiante. On obtient ainsi une différence positive ou négative. Ce principe est ainsi appliqué sur les thermomètres et capteurs fixes IR. Les mesures de potentiel de tige et IR sont toutes effectuées face ombragée. Les mesures ponctuelles (potentiel de tige et thermométrie portative) sont réalisées 1 fois/semaine par temps ensoleillé. Le but est d'éviter d'avoir un temps avec de nombreux passages nuageux qui fausserait les mesures de températures. Les capteurs fixes reliés à une station météo prennent des températures toutes les 10 min.



L'essai a donc été effectué sur une parcelle de chenin exposée sud sur un sol peu profond (50 cm) argilo-siliceux avec un palissage bas (1.1m). Par soucis de pratique, la majeure partie des mesures ont été prises dans le bas de la parcelle mais sur toute sa largeur.

Résultats

Comparaison mesures par infrarouge fixes / Chambre à pression

Pour rappel, l'objectif de cette étude, basée sur les SDD, est d'évaluer la fiabilité de la thermométrie IR et principalement portative pour faciliter l'utilisation générale. Cependant, il est important de faire un premier état des lieux en comparant les données de nos capteurs fixes (SDD continu - modalités 1 et 2) comparés aux Ψ_t (témoin). Pour rappel, les recherches considèrent un début de déficit hydrique à partir de -0.9 mPa et un stress sévère à partir de -1.4 mPa.

Le premier constat à faire concerne la modalité 2 (prise de température IR sur le rang d'en face) qui a connu d'importantes variations de températures assez incohérentes. Ce souci vient à la fois d'un problème de réflexion de chaleur liée au sol qui est très proche sur les vignes à palissage bas. Sur ce même capteur et dans un second temps (fin de l'été), un pro-

blème technique est survenu rendant la fiabilité des données inexploitable. Par conséquent, cette modalité a été écartée. La modalité 1, quant à elle, possède son capteur placé dans le rang. Les SDD continus journaliers de ce capteur semblent en corrélation avec les Ψ_t (Cf. figure 2). Il est également important d'insister sur la sensibilité du SDD continu qui reste assez importante. Les températures caniculaires mi-juillet et début août permettent de démontrer une certaine fiabilité dans la détection du stress hydrique. Ainsi avec des températures similaires en juillet et août, on peut constater un chauffage conséquent du feuillage en août contrairement au mois de juillet. Ce constat est aussi à mettre en avant concernant les Ψ_t . Malgré

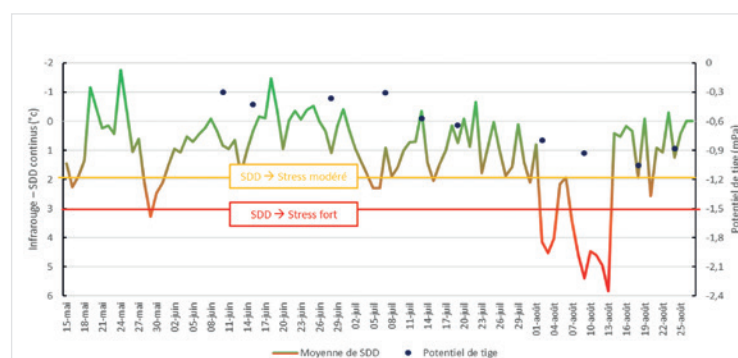


Figure 2 : Données journalières (14-16 h) des SDD continus de l'expérimentation - CA37.

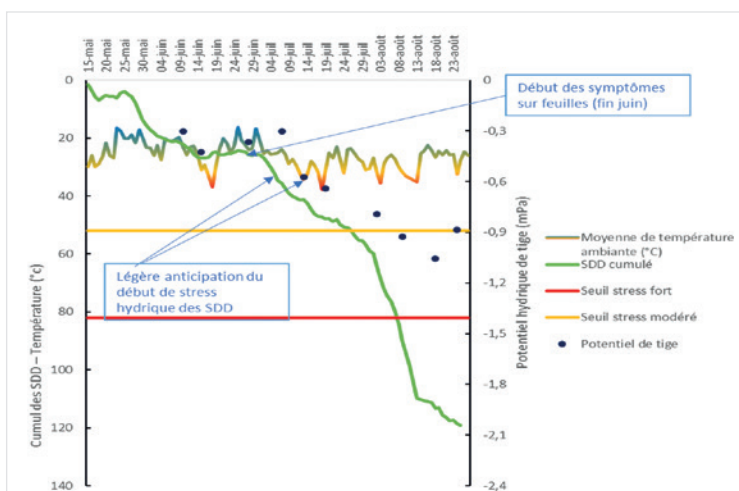


Figure 3 : Graphique des SDD continus (14 h -16 h) cumulés sur la saison estivale 2022 - CA37.

les chaleurs de mi-juillet, les potentiels sont restés en moyenne autour de -0.6 mPa. En observant le début du mois d'août, les SDD, en fort déficit, ont tendance à exagérer le stress par rapport aux Ψ_t (léger déficit).

Pour aller un peu plus loin, il est intéressant de voir si les SDD anticipent un potentiel stress hydrique. Ainsi d'après le graphique ci-dessous (figure 3), le cumul des SDD fait état d'une certaine anticipation par rap-

port aux Ψ_t . Les premiers symptômes sont apparus autour de la fin juin coïncidant avec l'augmentation des cumuls de SDD. Les Ψ_t font apparaître un début de stress entre le 07 et le 13/07 soit une semaine après que l'IR ne montre un chauffage plus conséquent du feuillage. Par la suite, les SDD ont une accélération continue de la température sans vraiment avoir un réel palier. Les Ψ_t indiquent la même tendance avec un stress moins marqué à partir du 15/08.

Comparaison capteurs fixes / portatifs / chambre à pression

Les résultats des SDD continus semblent montrer une tendance pertinente par rapport aux Ψ_t même s'il faut encore du recul. Le but est aussi d'évaluer un OAD pertinent et facile d'utilisation. Peut-on ainsi considérer les thermomètres IR portatifs (SDD portatifs - modalités 3 et 4) comme aussi fiables que les SDD continus issus des capteurs des stations ? Pour illustrer au mieux les résultats, ces appareils ont été confrontés sur des jours précis aux SDD continus et aux Ψ_t (figure 4). Les thermomètres portatifs (en jaune et violet) n'entrent en zone de stress que fin août. Il en va de même pour les Ψ_t qui ont un stress modéré malgré le manque d'eau et la chaleur. La modalité 4 semble sur ce graphique se rapprocher au plus près des Ψ_t . Les

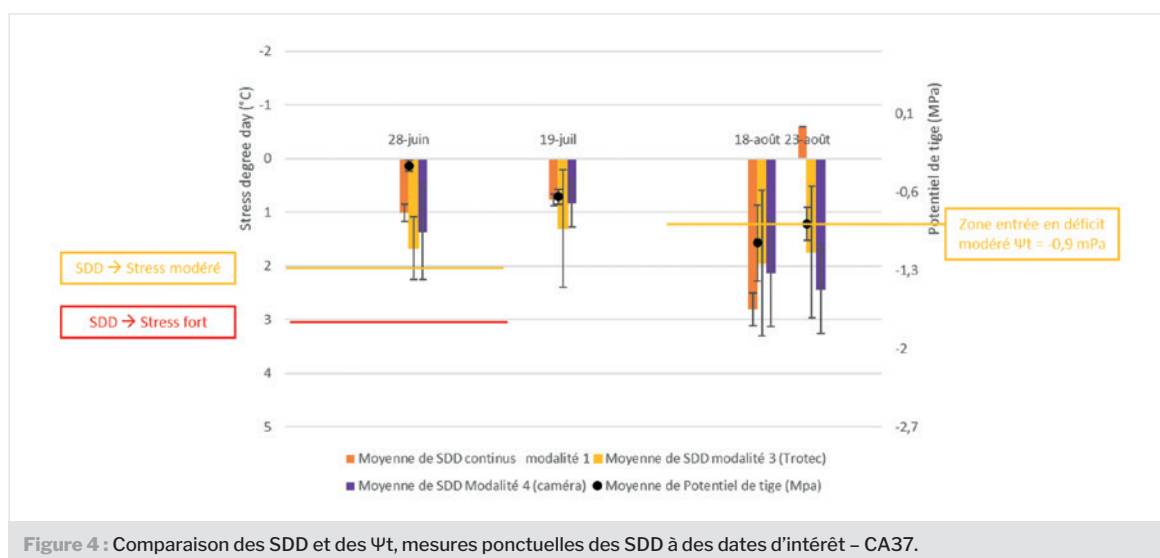


Figure 4 : Comparaison des SDD et des Ψ_t , mesures ponctuelles des SDD à des dates d'intérêt - CA37.



observations montrent tout de même en comparaison avec les SDD continus des écarts-types très conséquents mettant en avant une fiabilité de l'outil de mesure encore perfectible. Tout comme les Ψ_t , il faut également souligner qu'aucune modalité IR n'entre en stress fort sur ces 4 journées.

Statistiquement et par opposition au témoin (chambre à pression), la thermométrie IR suit l'évolution des potentiels de tige. Les capteurs fixes dans le rang ainsi que le thermomètre Trotec ont une bonne détection des seuils d'alerte.

Conclusion et perspectives

Au travers cette étude, il faut retenir une première chose essentielle. Malgré le manque d'eau et sur une vigne sur sol superficiel, les Ψ_t tout comme l'IR n'ont jamais détecté un stress hydrique fort comme l'année 2022 aurait pu le présager. Ce millésime, si atypique, a permis d'aller un peu plus loin dans le test de la fiabilité de ces OAD. La modalité 1 (capteur fixe dans le rang) semble être la valeur la plus sûre des OAD testés (en dehors de la chambre à pression). A contrario et en dehors du souci technique de fin de saison sur ce capteur, la modalité 2 (capteur fixe avec prise de mesure sur le rang d'en-face) donne très peu de fiabilité. Sur des palissages bas, la chaleur dégagée par le sol semble biaiser les données les rendant peu exploitables.

Comme cité précédemment, les modalités portatives offrent des détections de seuil d'alerte intéressantes mais la fiabilité et la grande variation des données (même sur une seule feuille) sont encore à prendre avec un certain recul. Ce constat est également à mettre en avant en cas de traitement préalable. Il sera ainsi difficile de mesurer une température sur une feuille ayant subi une pulvérisation « blanchissant » le végétal. Les mesures ont été prises sous une météo stable non changeante. Sous des conditions plus « instables », l'appareil portatif a une fiabilité plus incertaine.

La chambre à pression est l'outil référence pour évaluer le stress hydrique mais des analyses complémen-

taires (delta C13, calcium, conductance stomatique, fluorescence foliaire) ont été faites avec des données étroitement liées à l'IR (sauf pour le delta C13 où peu de différences étaient observables sur l'ensemble de la parcelle). Ces données viennent nourrir de nouvelles perspectives pour tester encore un peu plus la fiabilité de ces OAD restant encore à affiner.

Même si l'année 2022 n'a pas été aussi « stressante » qu'on pouvait le penser, elle a été très difficile pour tous les jeunes ceps plus vulnérables avec leur faible enracinement. La thermométrie IR non défoliante peut-être un OAD très intéressant dans l'approche globale à avoir au sujet des complants ou jeunes plantations.