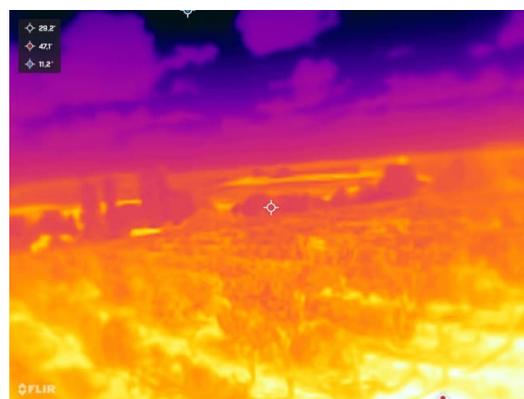


Evaluation du stress hydrique de la vigne par thermométrie infrarouge

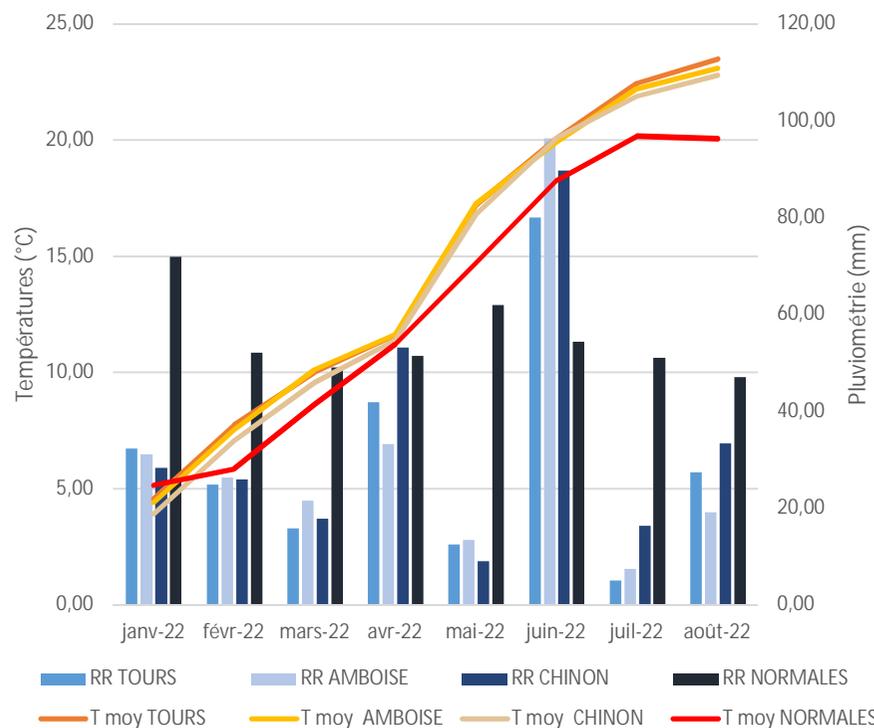


Techniloire, 12 Janvier 2023
Nicolas Pichard, oenologue et conseiller viticole

Objectifs de l'étude

Evaluer l'efficacité de la thermométrie infrarouge (IR)	COMMENT ?	Comparaison avec la méthode de référence (chambre à pression - CAP)
Evaluer les limites de la méthode	COMMENT ?	Utilisation de l'appareil sous certaines conditions (météo, positionnement)
Proposer aux professionnels (viticulteurs) un outil d'aide à la décision (OAD) accessible	POURQUOI ?	Utilisation d'un OAD moins cher qu'une CAP avec une fiabilité s'en rapprochant

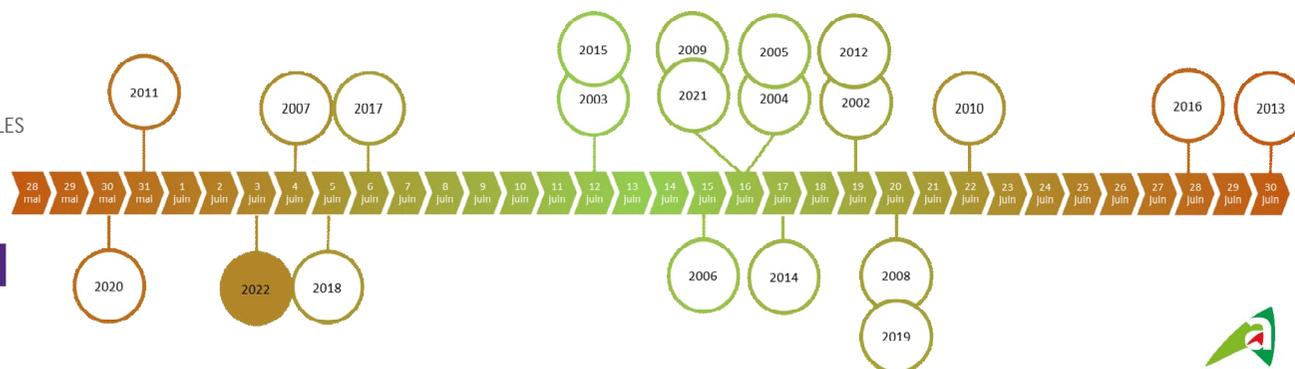
Précipitations et températures moyennes 2022 relevées sur les stations météo de Tours, Amboise et Chinon



Comparaison aux normales de saison

	Température	Pluviométrie
Janvier	Dans les normales (légèrement inférieure)	Très sec : - 41 mm
Février	Doux : + 1,59 °C	Sec : - 26 mm
Mars	Doux : + 1,27 °C	Sec : - 31 mm
Avril	Dans les normales	Dans les normales (légèrement sec : - 9 mm)
Mai	Chaud : +2,37	Très sec : - 50mm
Juin	Chaud : +1,77 °C	Pluvieux : + 34 mm
Juillet	Chaud : + 2°C	Très sec : - 41 mm
Août	Très chaud : +3°C	Sec : - 20 mm
Moyenne	+1,7°C/mois	-23 mm/mois

Evolution des dates de floraison sur chenin depuis 2002



Extraits du bulletin Alternatives Viticoles ALTERNATIVES VITICOLES

Principe de la méthode d'évaluation

Stress Degree Days (SDD) = Température de la feuille (°C) – Température de l'air ambiant (°C)
(Kotchi, 2004)

Technique employée pour évaluer le cas des couverts végétaux

Fermeture des stomates

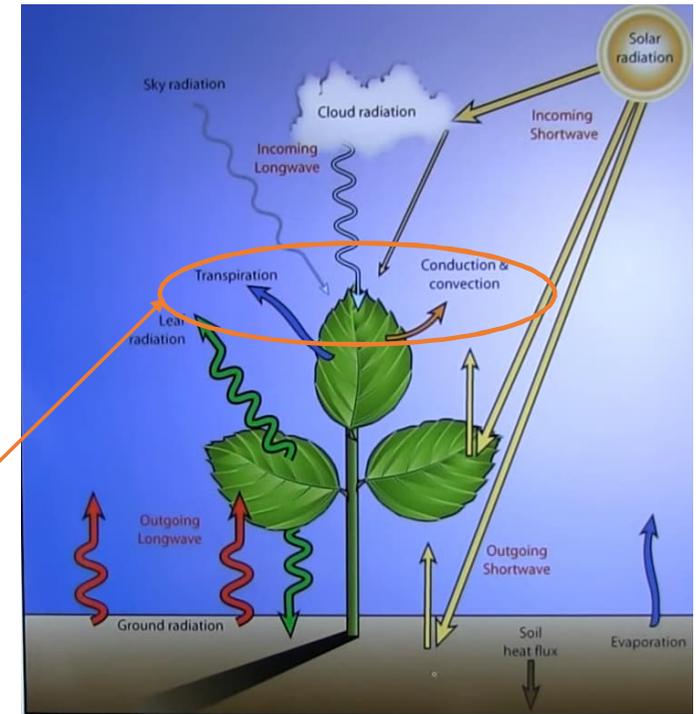
Réduction évapotranspiration

Augmentation de la température de surface

Stress hydrique modéré → +2°C



Stress hydrique fort → +3°C



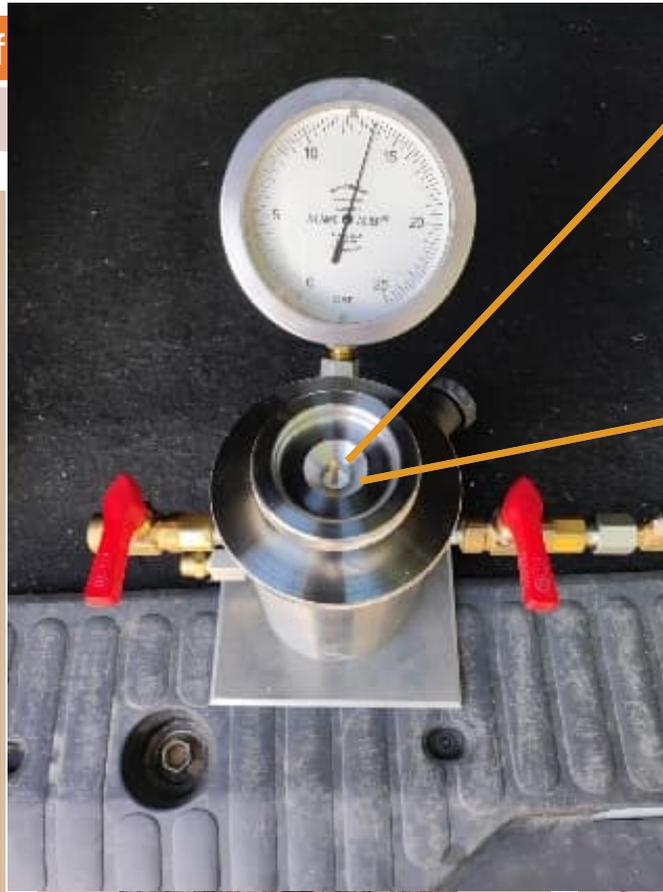
Principe de la mesure de température de surface, la radiation. Dr. Bruce Bugbee, Apogee Instruments, 2016

Plan expérimental

Témoin

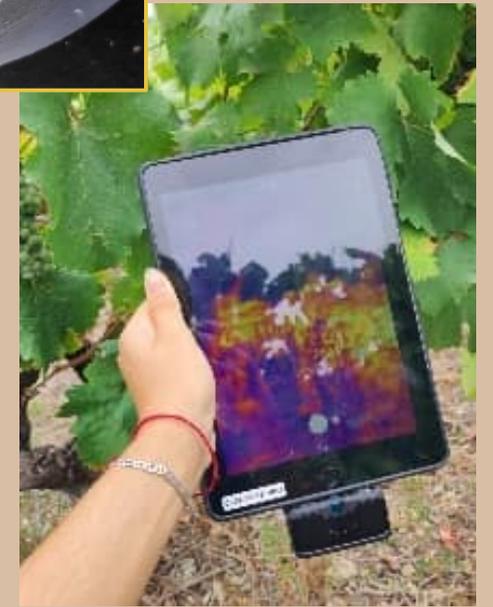
Modalités inf

M1 (capteur dans le rang)

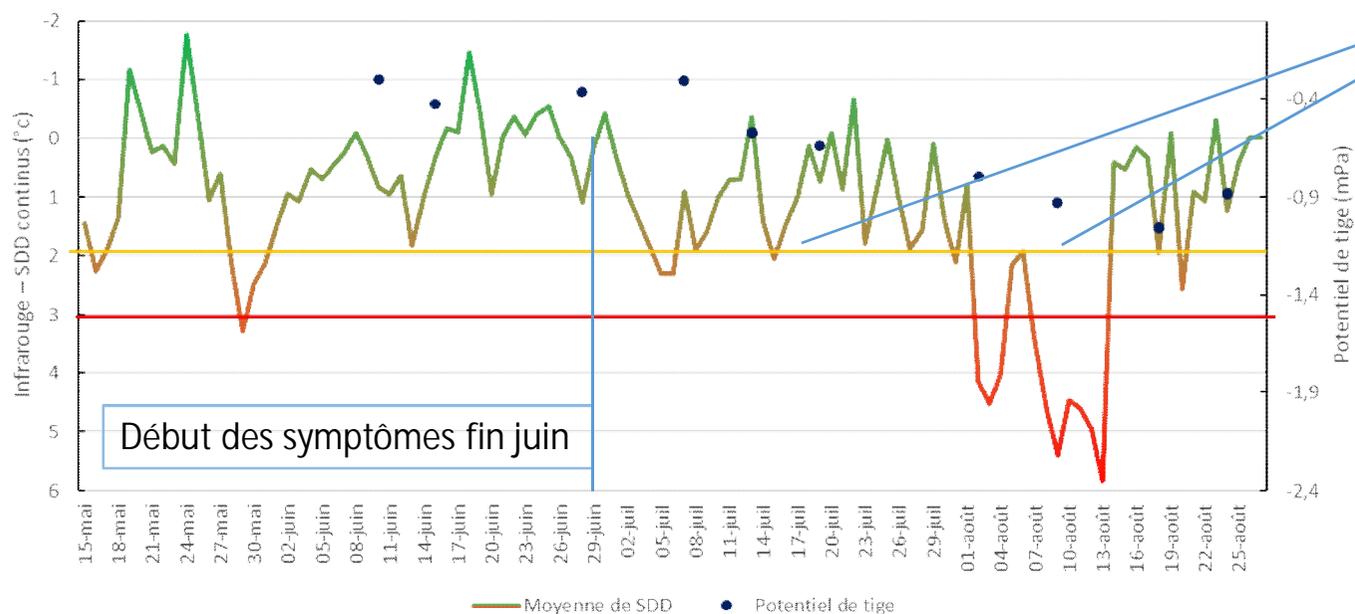


tatives

éra IR Flir One pro)



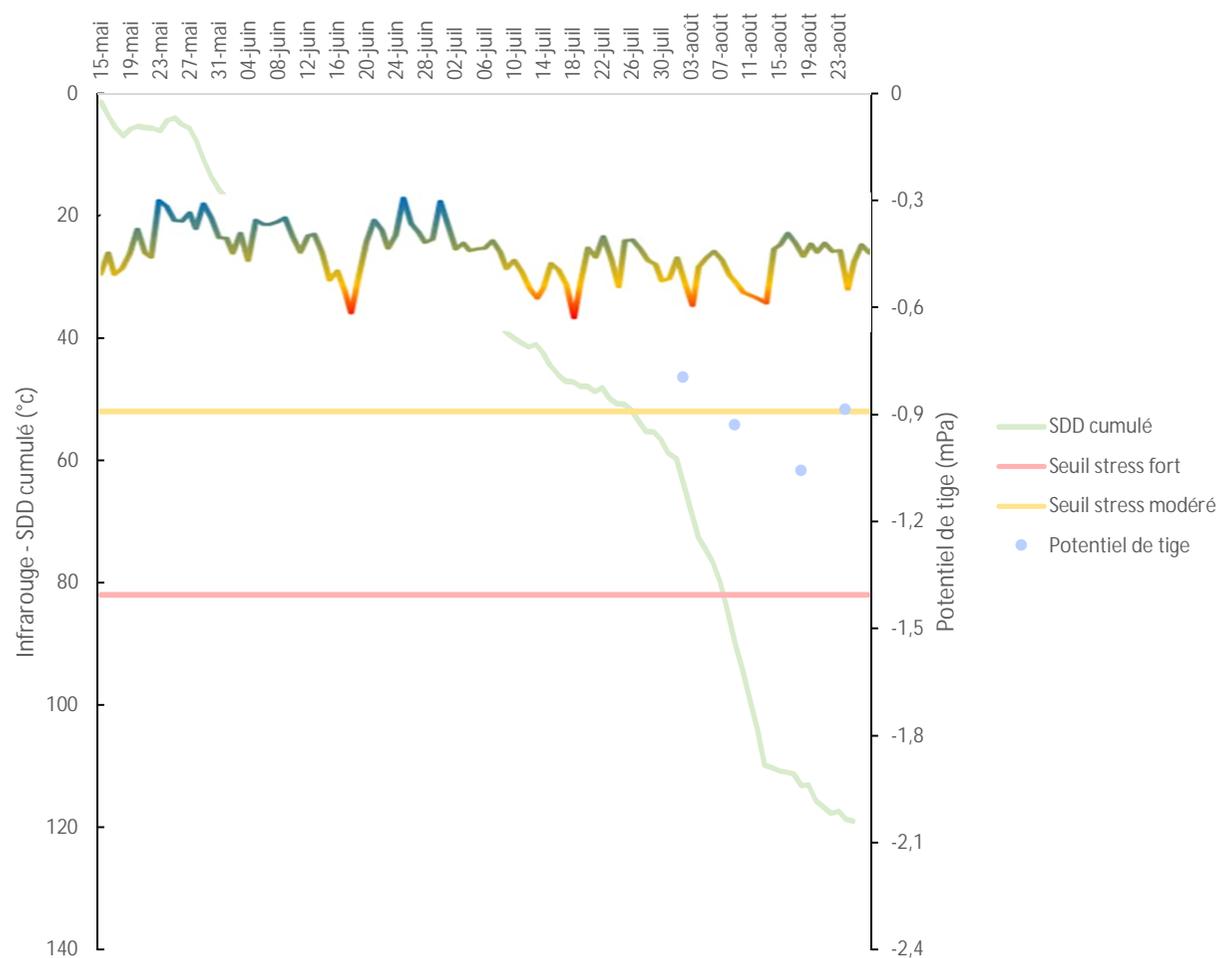
Graphique comparatif SDD, potentiel de tige (modalité fixe dans le rang M1)



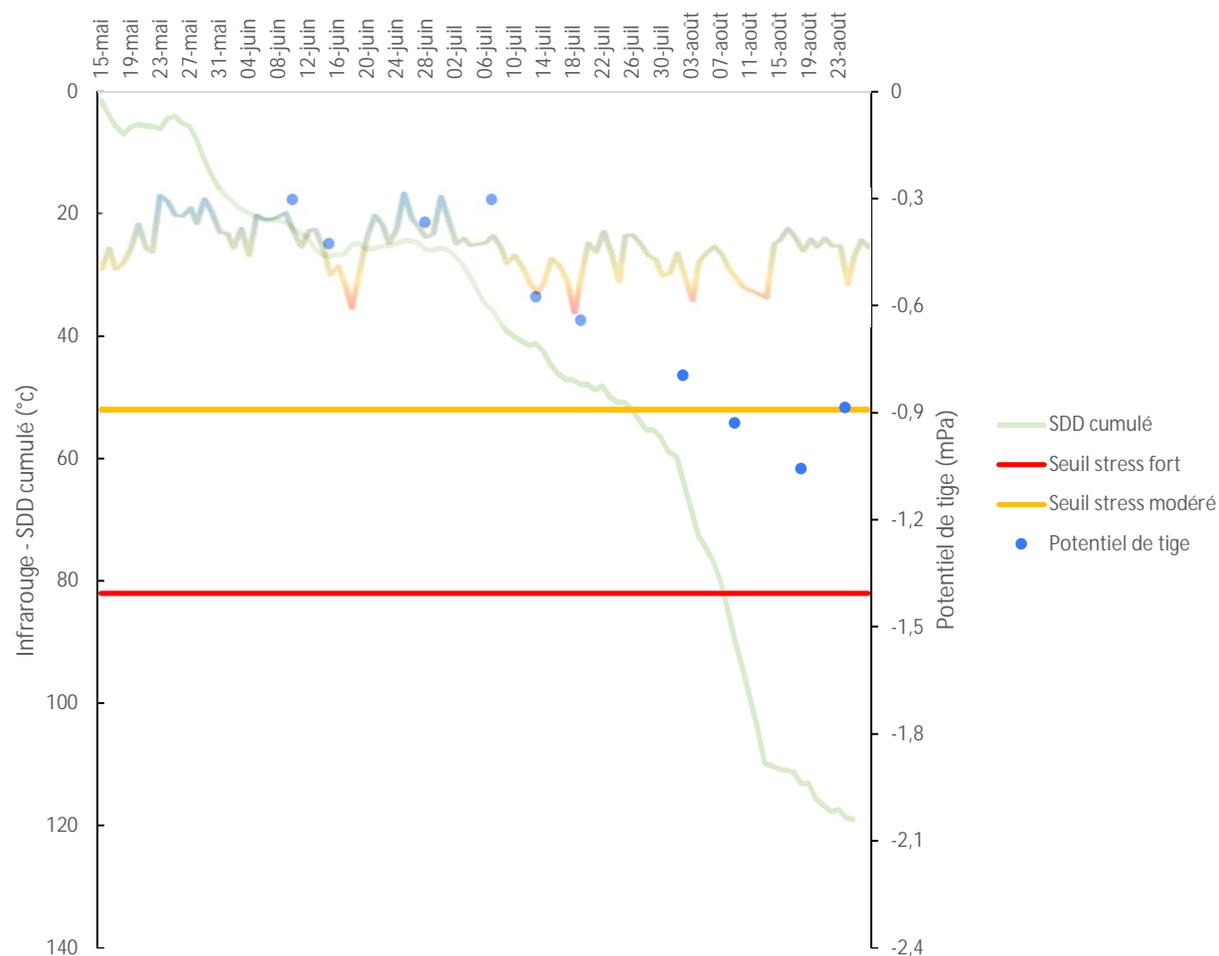
Constat

- Problèmes sur M2 (rang d'en face) → incohérence de températures → modalité écartée
- Cohérence avec le témoin Ψ_t
- Importante sensibilité de l'IR

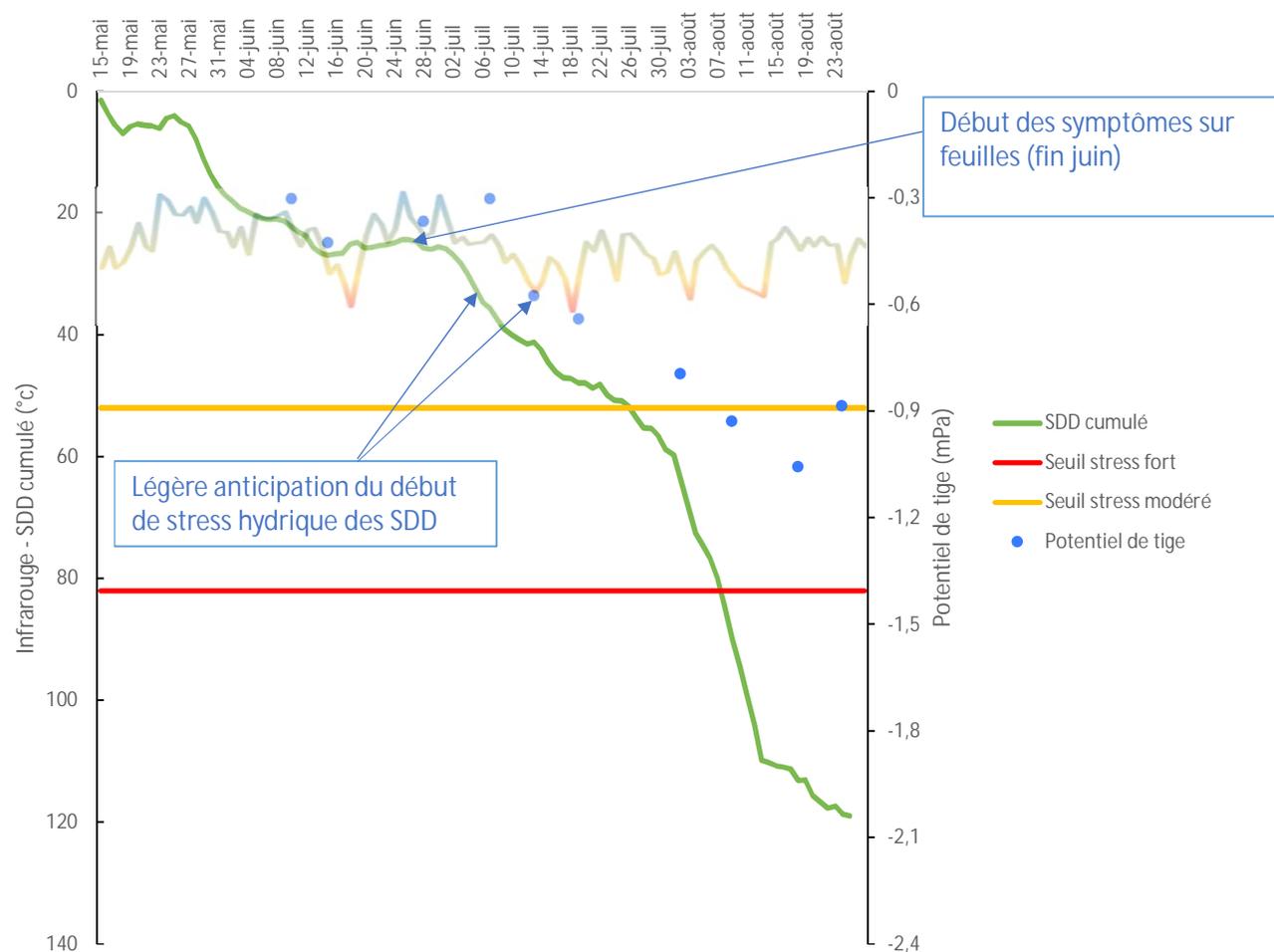
Graphique comparatif SDD cumulé, potentiel de tige (modalité fixe dans le rang M1)



Graphique comparatif SDD cumulé, potentiel de tige (modalité fixe dans le rang M1)

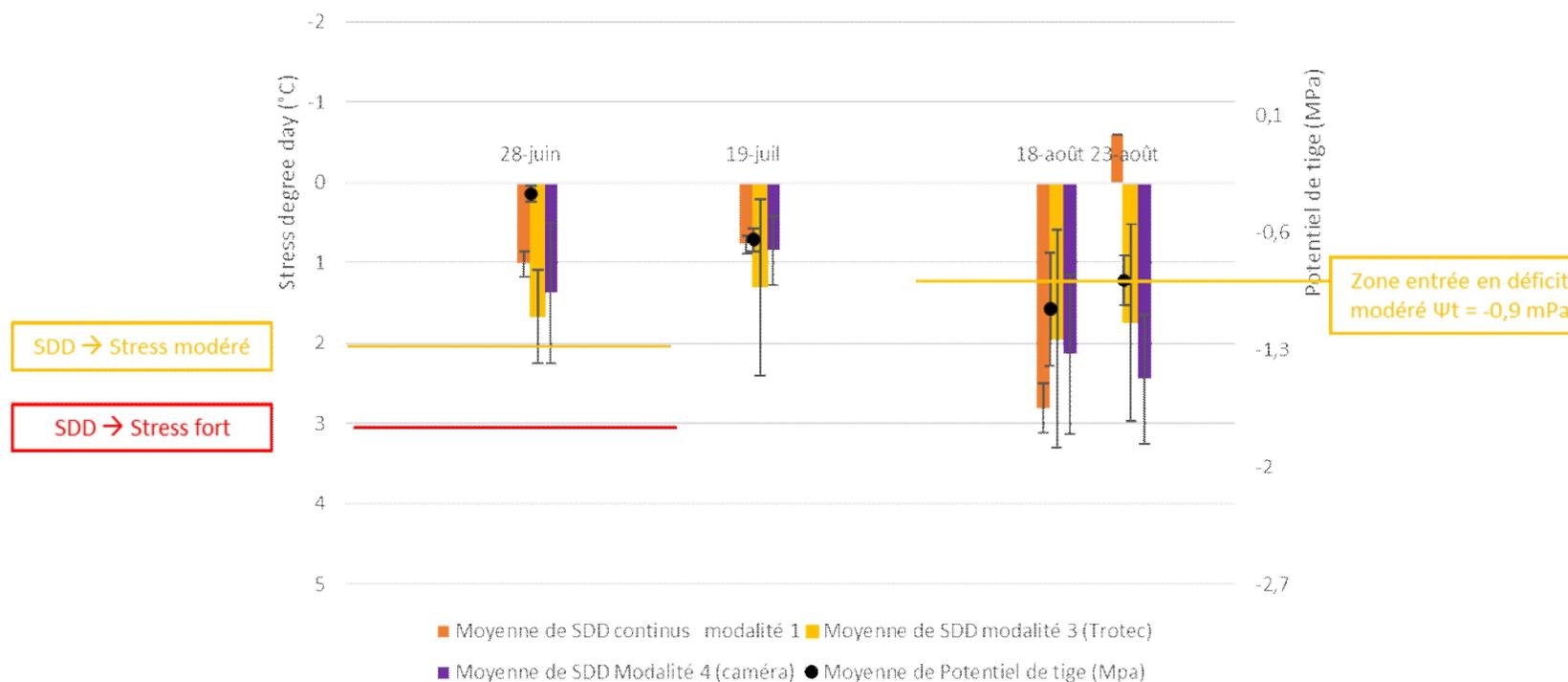


Graphique comparatif SDD cumulé, potentiel de tige (modalité fixe dans le rang M1)



Est-ce que les thermomètres IR portatifs sont aussi performants que le fixe ?



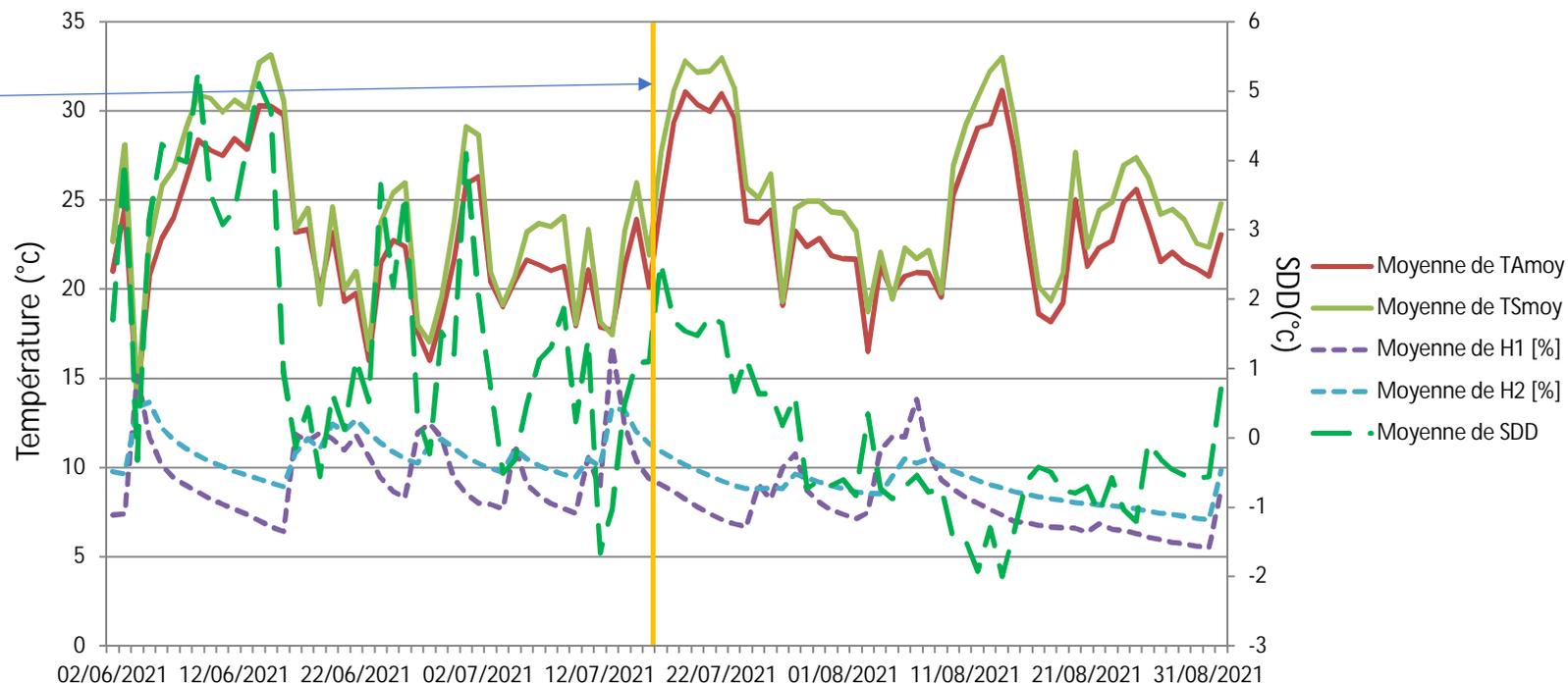
Graphique comparatif SDD portatif (M3 et M4) aux Ψ_t 

Constat

- Entrée en zone de stress fin août tout comme le $\Psi_t \rightarrow$ M4 (caméra) semble la plus corrélée
- Fiabilité des mesures perfectibles car écart-types conséquents
- Pas de stress fort

Mesures de SDD continus en 2021

Arrêt de la pression de mildiou



Constat en 2021

- Forte corrélation entre l'IR et tout autre stress biotique
- IR = OAD intéressant pour détecter autre chose qu'un stress hydrique
- 2021: ψ_t sans aucun stress alors que l'IR détecte une autre forme de stress

Pour aller plus loin dans la fiabilité de l'infrarouge...

Sur la même parcelle de chenin évoquée précédemment

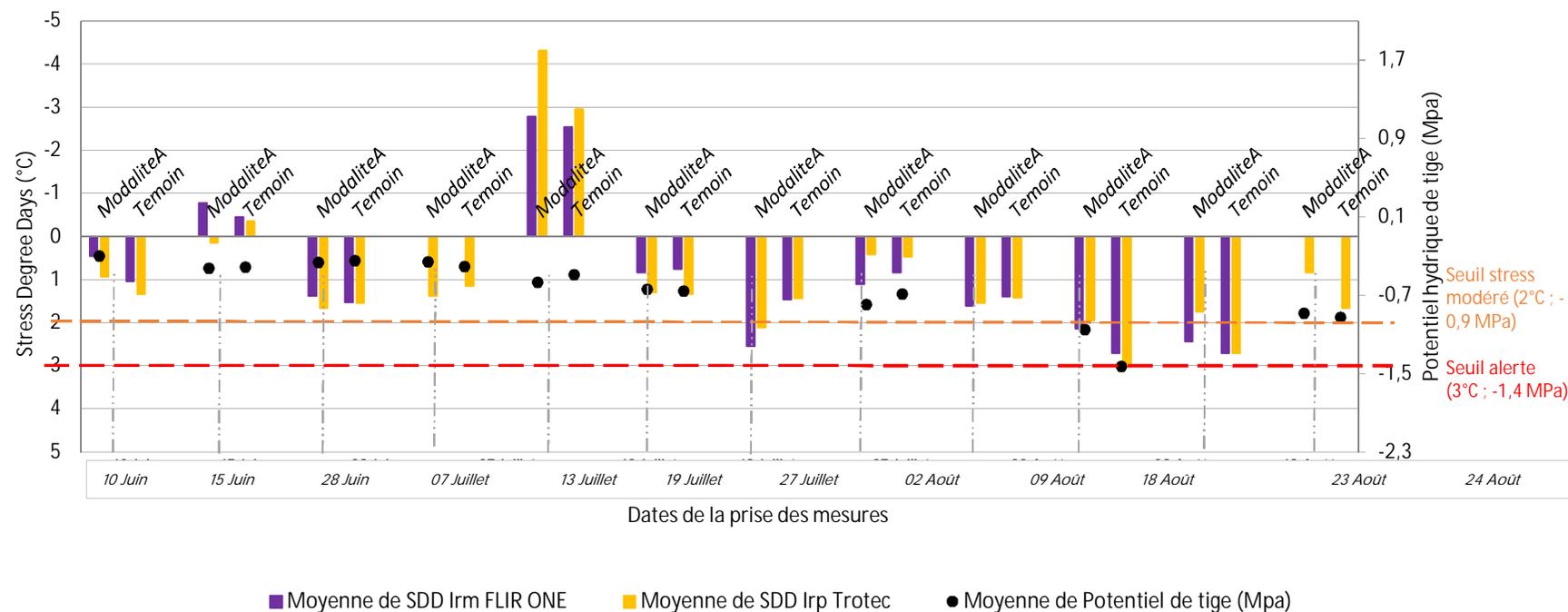
Témoin - Modalité A (biostimulant)

Mesures comparatives effectuées

- Potentiel de tige
- Infrarouge portative
- Conductance stomatique
 - Calcium
 - Delta C13

Pour aller plus loin dans la fiabilité de l'infrarouge...

Comparaison potentiel de tige vs infrarouge portable



Potentiel de tige

- Pas de différences significatives entre témoin et modalité A

Infrarouge portable

- Pas de différences significatives entre témoin et modalité A à part mi-août

Pour aller plus loin dans la fiabilité de l'infrarouge...

Infrarouge portative (24/08)

- Témoin: SDD → +2,71°C
- Modalité A: SDD → +2,09°C



Stress hydrique modéré →
entre +2°C et +3°C

Conductance stomatique (24/08)

- Témoin: 176,41 mmol m⁻²s⁻¹
- Modalité A: 193,73 mol m⁻²s⁻¹



Stress hydrique modéré

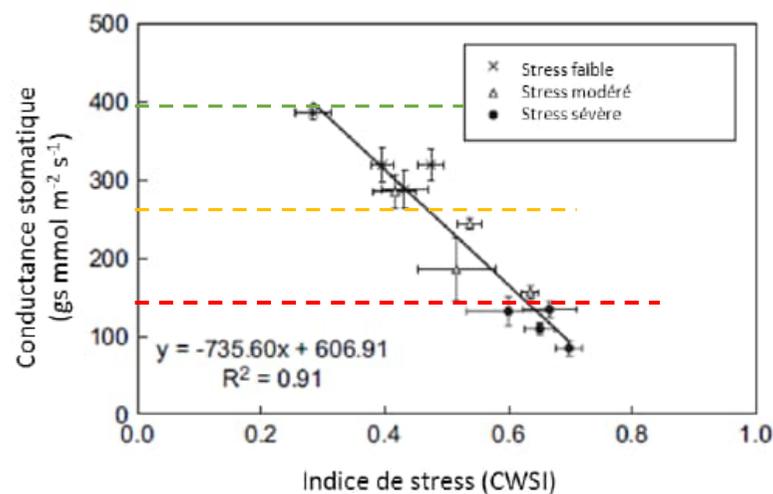


Figure 4 : Relation entre conductance stomatique et indice de stress (CWSI) calculé sur des images IRT (d'après Möller *et al.*, 2007).

Pour aller plus loin dans la fiabilité de l'infrarouge...

Infrarouge portative (24/08)

- Témoin: SDD → +2,71°C
- Modalité A: SDD → +2,09°C



Stress hydrique très modéré →
entre +2°C et +3°C fin août

Delta C13 (06/09)

- Témoin: -25,79
- Modalité A: -26,8



Témoin → stress léger

Modalité A → absence de stress



Précipitations = 45 mm entre le 15/08 et 05/09

Déficit hydrique	Valeurs $\delta^{13}C$
Absence	<-26
Léger	[-24,5 à -26[
Léger à modéré	[-23 à -24,5[
Modéré à fort	[-21,5 à -23[
Fort	-21,5<

Pour aller plus loin dans la fiabilité de l'infrarouge...

Infrarouge portative (24/08)

- Témoin: SDD → +2,71°C
- Modalité A: SDD → +2,09°C



Stress hydrique très modéré →
entre +2°C et +3°C fin août

Calcium (06/09)

- Témoin: 63 mg/l
- Modalité A: 44 mg/l



Différence de 30%
RAPPEL: risque d'instabilité
calcique sur vin blanc à partir de
70 mg/l

Pourquoi le calcium ? Élément marqueur du stress hydrique ?

Élément fortement présent en 2019 dernière année de stress
hydrique marquée dans le VDL → 2022 proche de 2019

Précipitations de cristaux calciques dans les vins liées aux
variations de pH

Provoque d'importants problèmes de gerbage et de remuage
dans l'élaboration des effervescents

Conclusion

 SDD continu, capteur à infrarouge fixe (M1 et M2)	 SDD ponctuel, capteur embarqué Trotec (M3)	 SDD ponctuel, caméra à infrarouge embarquée Flir One Pro (M4)
Mauvaise représentation de la parcelle.	Meilleure échantillonnage et représentation.	
<ul style="list-style-type: none"> - Prise de données toutes les 10 min → fiabilité - Se rapproche le plus de la CAP 	Mesures ponctuelles, variabilité des données → nécessité de prendre encore du recul sur ces thermomètres IR pour plus de précision	
Capteur fixe et plateforme de données coûteux.	Pas de plateforme mais moins cher qu'un capteur relié à une station	
Peu engendrer des problèmes de calibration de l'appareil.	Calibrage nécessaire, prise de mesures à réaliser selon des conditions.	Calibrage simple, attention à la surchauffe de l'appareil.

Conclusion

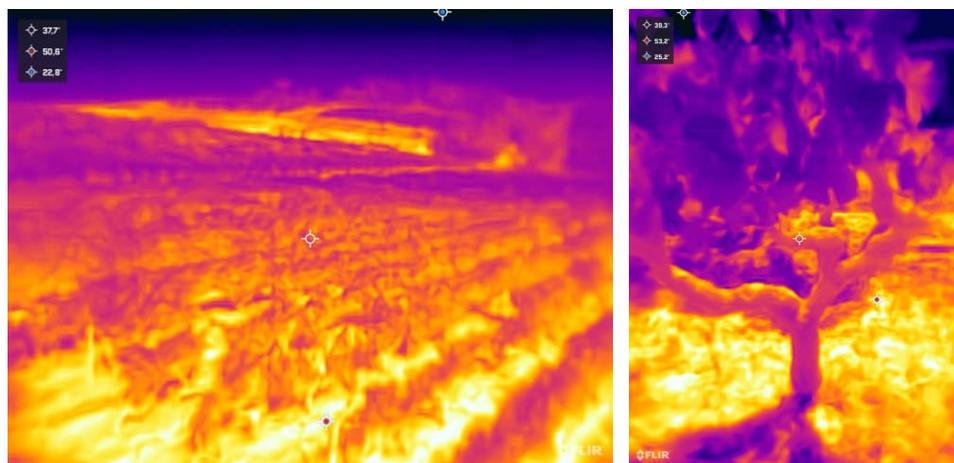


Figure 9 : Photographies Infrarouge d'une parcelle de vigne et d'un cep, réalisées avec la caméra Flir One Pro. Source: Léna Fouque, 2022.

Appareils portatifs
corrélés mais à réviser

Appareils fixes corrélés
sous certaines
conditions

Outil d'aide à la décision
chez un.e viticulteur.trice

Ouverture sur les jeunes vignes

Ouverture sur le risque de gel

Ouverture sur le comportement
photosynthétique de la vigne face
aux maladies (2021)

Evaluation du stress hydrique de la vigne par thermométrie infrarouge

Merci pour votre attention

