

Ombrage associé à des panneaux photovoltaïques

Impact sur le microclimat, la plante et sa production

Cas de l'horticulture et de la viticulture

Gilles Vercambre
INRAE-PSH (Avignon)



Sun'Agri3



INRAE



lepse
Montpellier



UE Maraichage (Alénia), Pech Rouge (Gruissan)
CA84, La Pugère

Dispositifs et stratégies d'ombrage

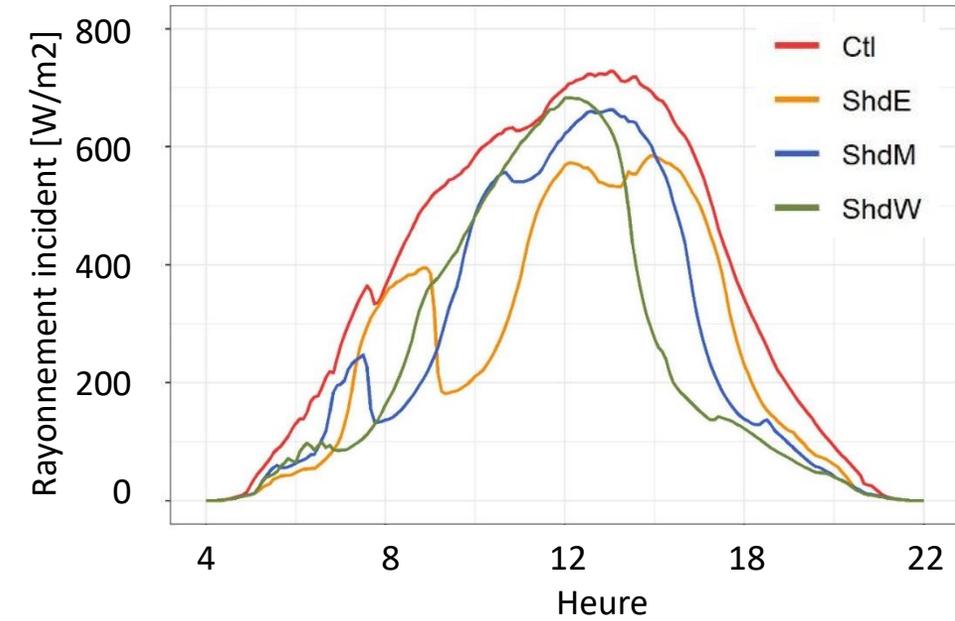
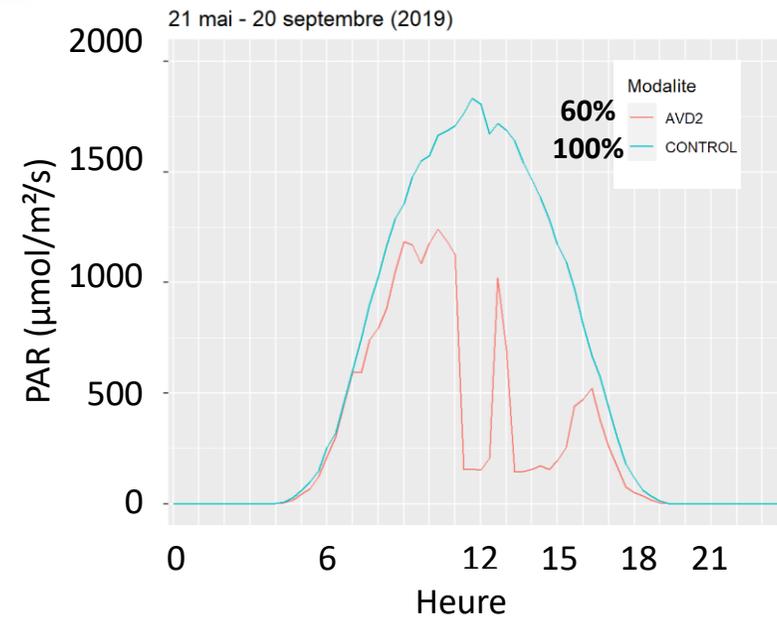
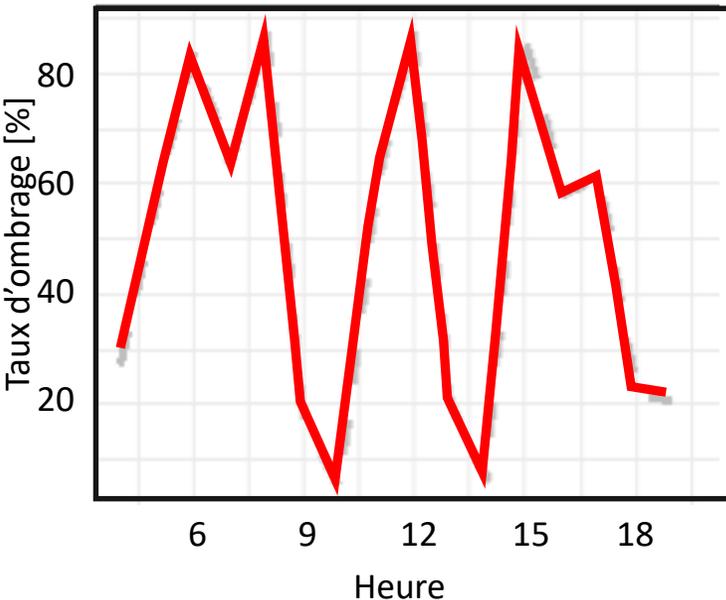
Sur verger de pommier, station expérimentale de La Pugère



Sur vigne (CV. Grenache), parcelle expérimentale CA84

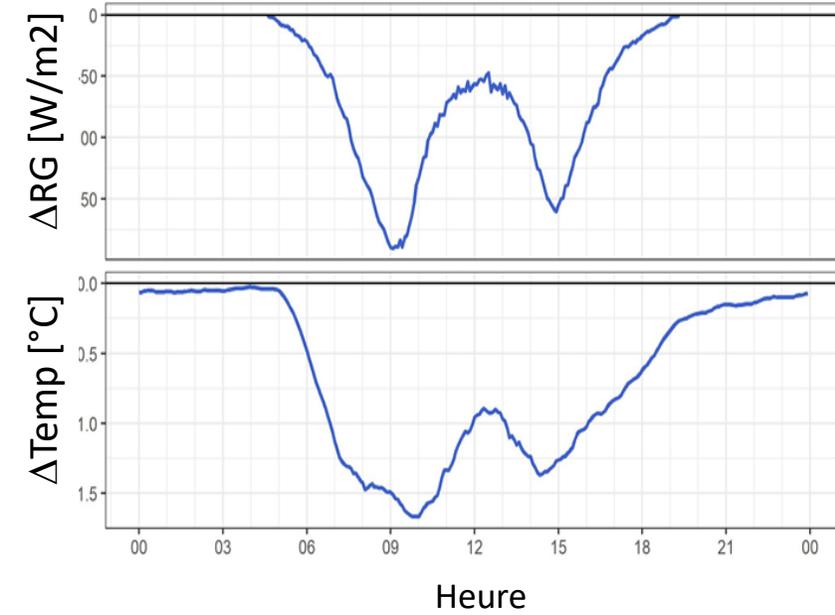
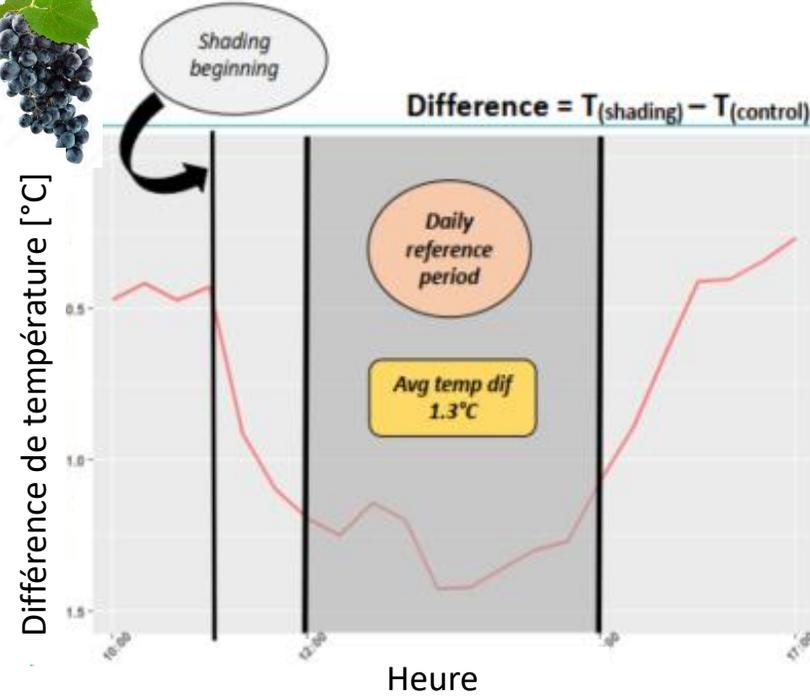
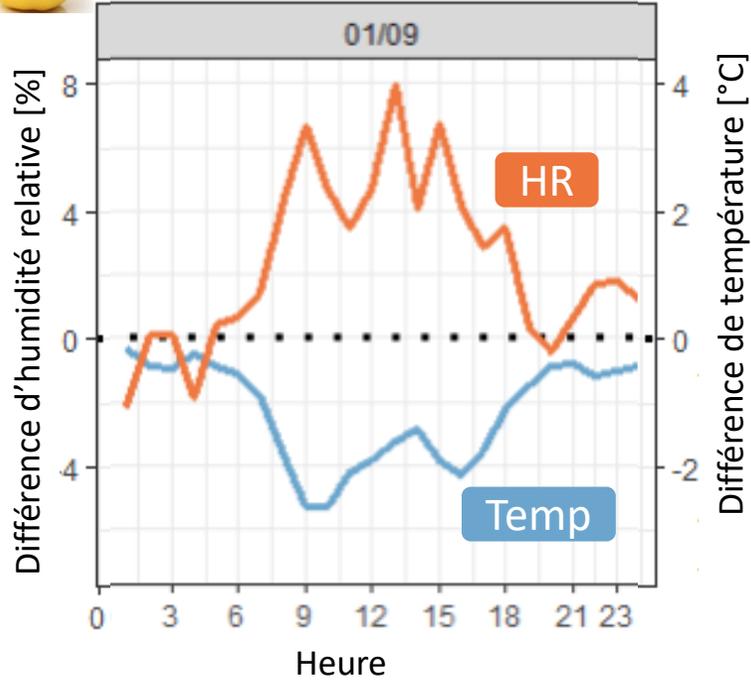


Sur tomate en serre, unité expérimentale Alenya



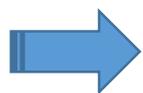
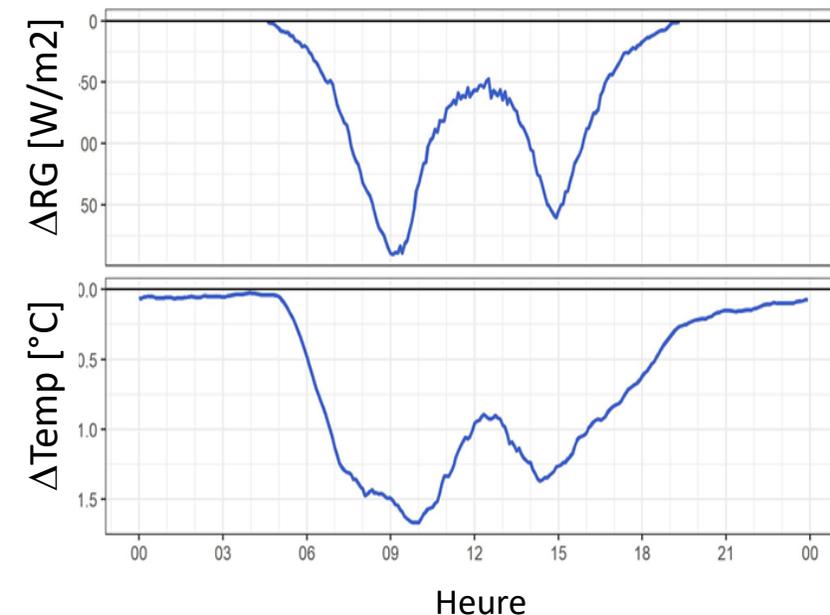
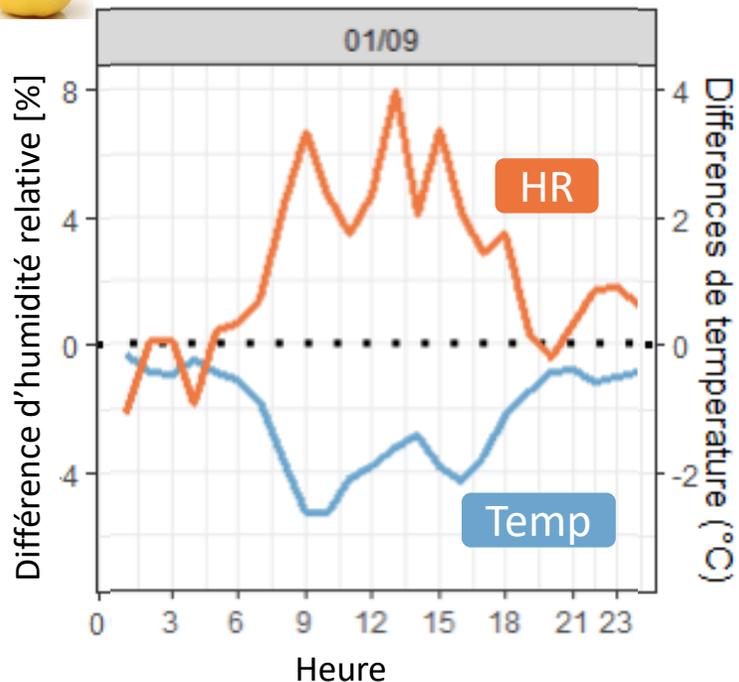
Ombrage et impacts sur le micro/phyllo/pédo-climat

Impact sur la température et l'humidité de l'air



Ombrage et impacts sur le micro/phyllo/pédo-climat

Impact sur la température et l'humidité de l'air

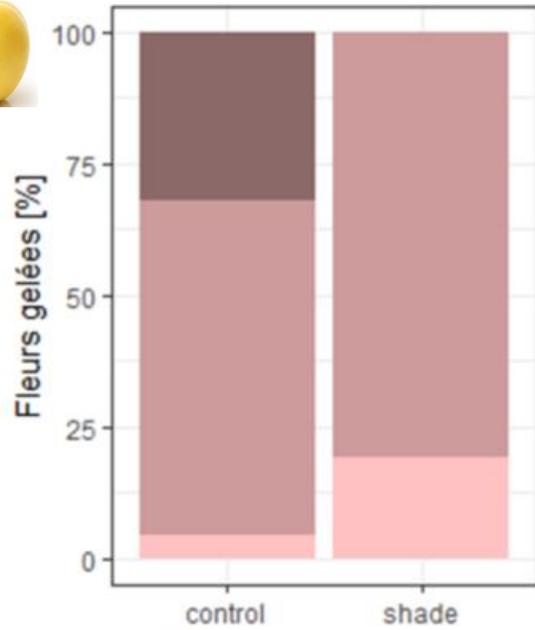


Réduction de la température de l'air, de la végétation et du sol associée à l'ombrage,
Augmentation de l'humidité relative
Couverture en cas de pluie / Humectation du feuillage

Questions de stratégie de pilotage, proportion de la surface couverte, d'échelle des dispositifs, d'aérodynamique

Ombrage et impacts sur le micro/phyllo/pédo-climat

Protection contre les extrêmes climatiques :
- protection contre le gel



- Dégâts mortels
- Dégâts légers
- Pas de dégâts

85% de chute/dégât sur fleur dans le témoin

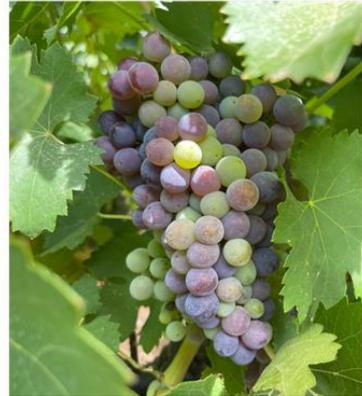


2019 : perte de 25% des bourgeons sur le contrôle

Ombrage et impacts sur le micro/phyllo/pédo-climat

Protection contre les extrêmes climatiques :

- protection contre le gel
- protection contre la grêle
- protection contre les canicules
- protection contre les dégâts sur fruits : coup de soleil

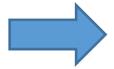


Véraison (29/07/2022)

Quelle conséquence sur la phénologie ?



Récolte basée sur la fermeté et la teneur en amidon



Pas de différence entre les traitements sur :

- date de floraison (début avril)
- date de récolte (vers mi-septembre)



Récolte basée sur teneur en sucre et acidité titrable

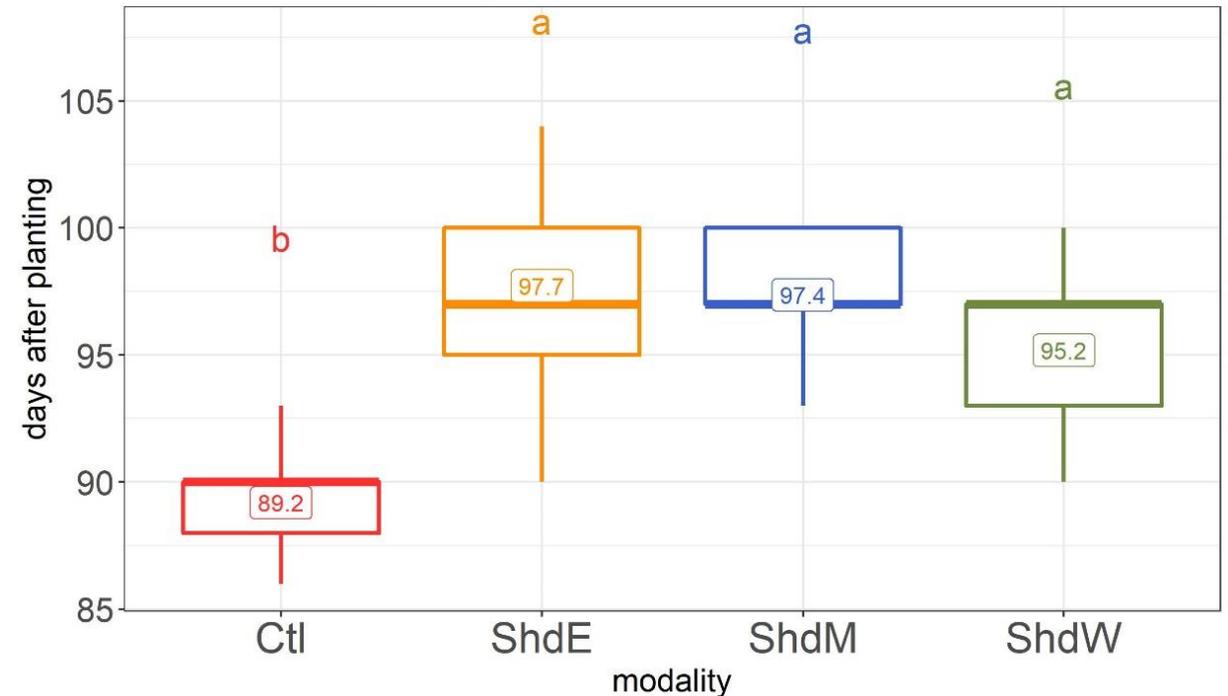
Décalage progressif au cours de la saison :

- Débourrement : retard 1j
- Floraison : retard 2j
- Véraison : retard 5j
- Récolte : retard 6j



Récolte basée sur la coloration des tomates

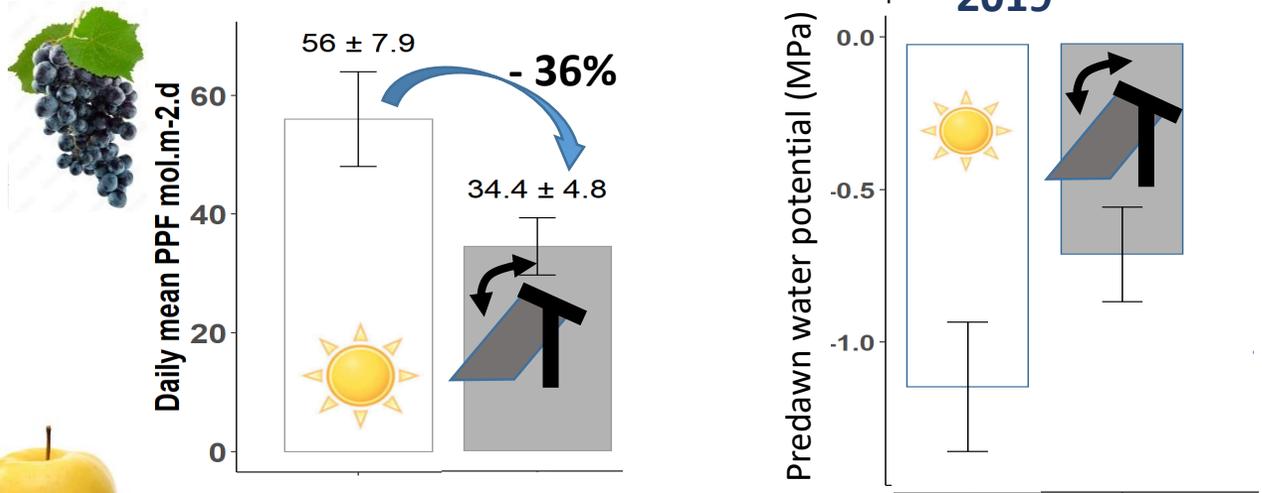
time between planting and harvest for 6th truss



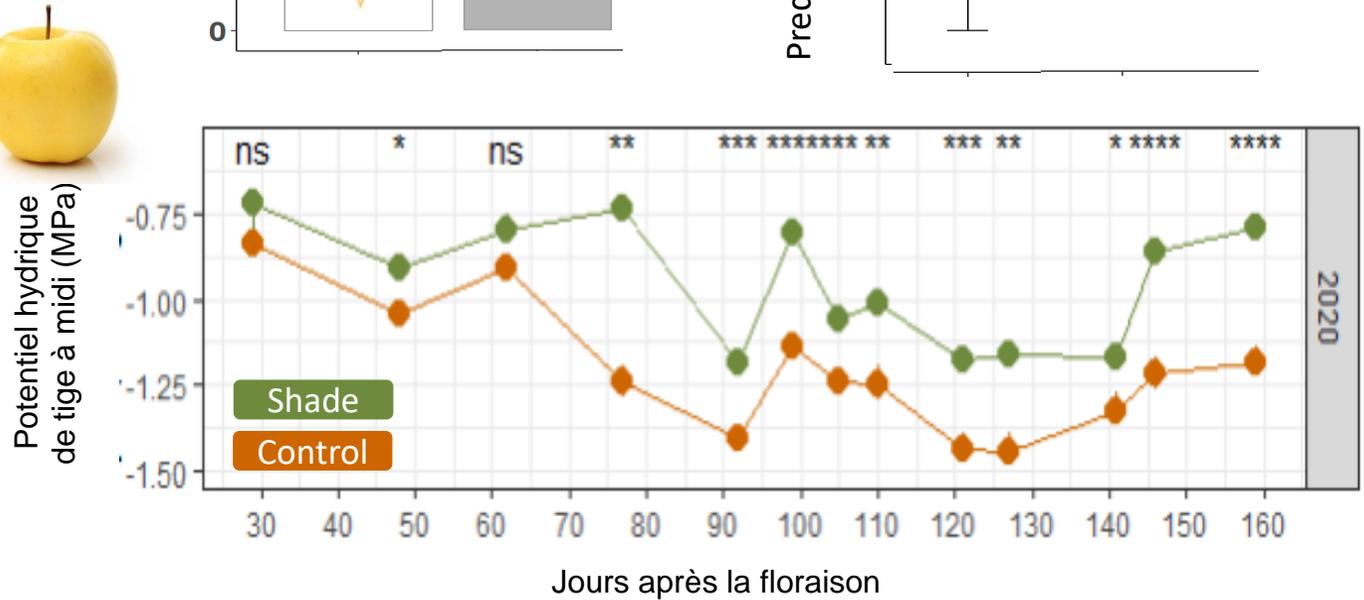
Pas de différence en terme de développement mais, **durée de croissance des fruits plus longue** entre floraison et récolte stade rouge (7j)

Ombrage et ressource en eau

Statut hydrique et Efficience d'utilisation de l'eau



Année	Réduction irrigation sous ombrage	Cumul irrigation témoin
2019	37%	63 mm
2020	-59%	64 mm
2021	-62%	127 mm
2022	-40%	136 mm



Année	Réduction irrigation sous ombrage	Cumul irrigation témoin
2019	-30%	1150 mm
2020	-6%	750 mm
2021	-30%	1380 mm
2022	-1%	914 mm

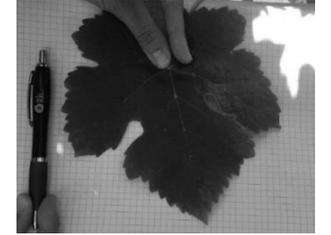
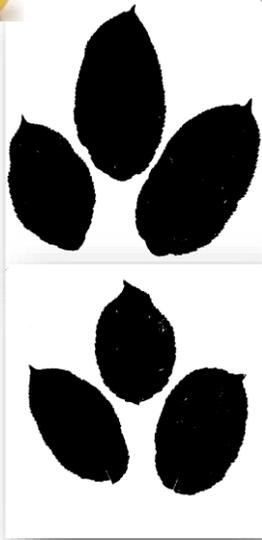
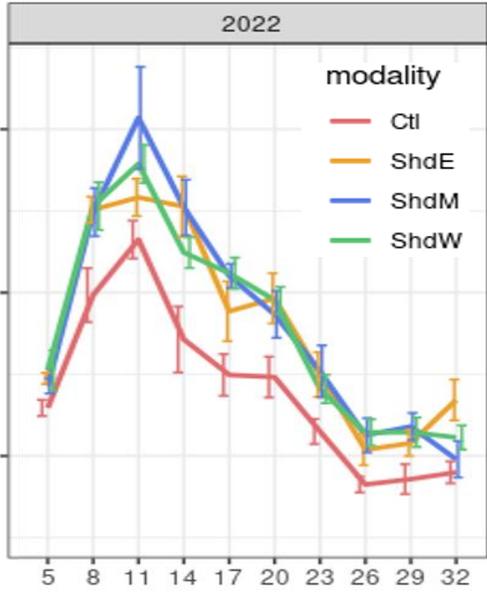
➔ Réduction des besoins en eau de la culture
Statut hydrique de la plante plus favorable

Ombrage et croissance végétative

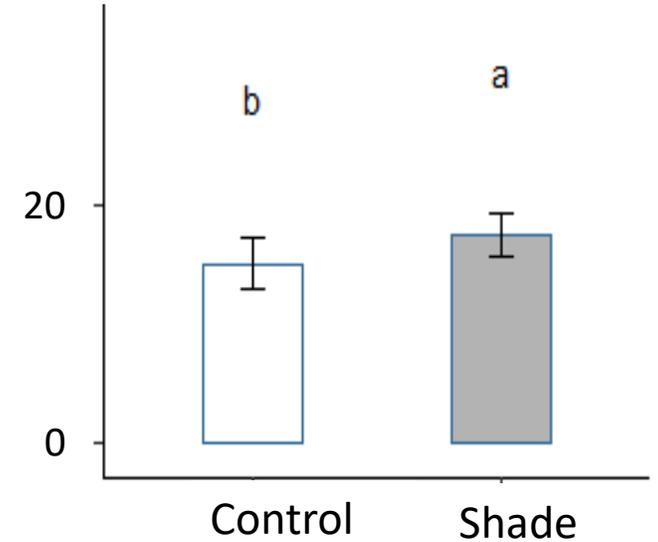
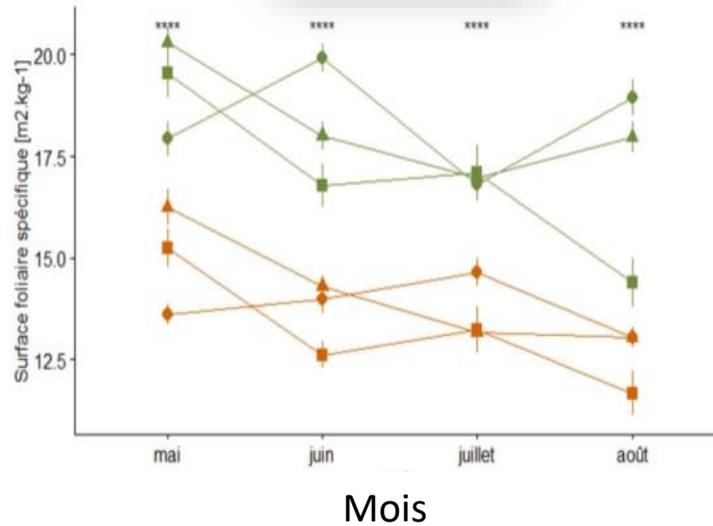
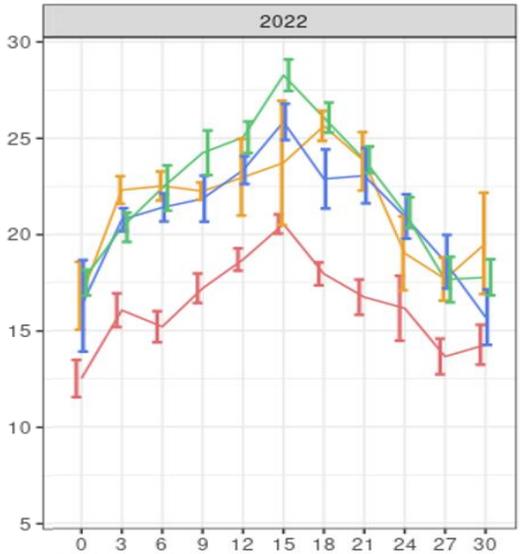
Croissance végétative : de l'échelle des feuilles à l'échelle de la plante



Surface foliaire [cm²]

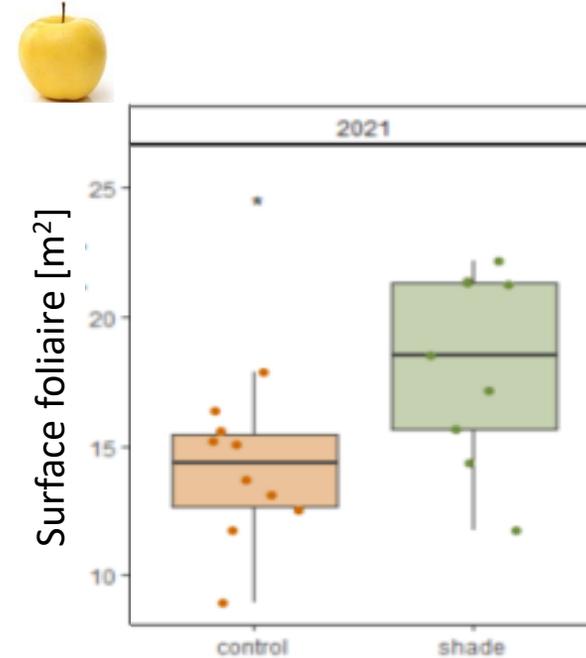
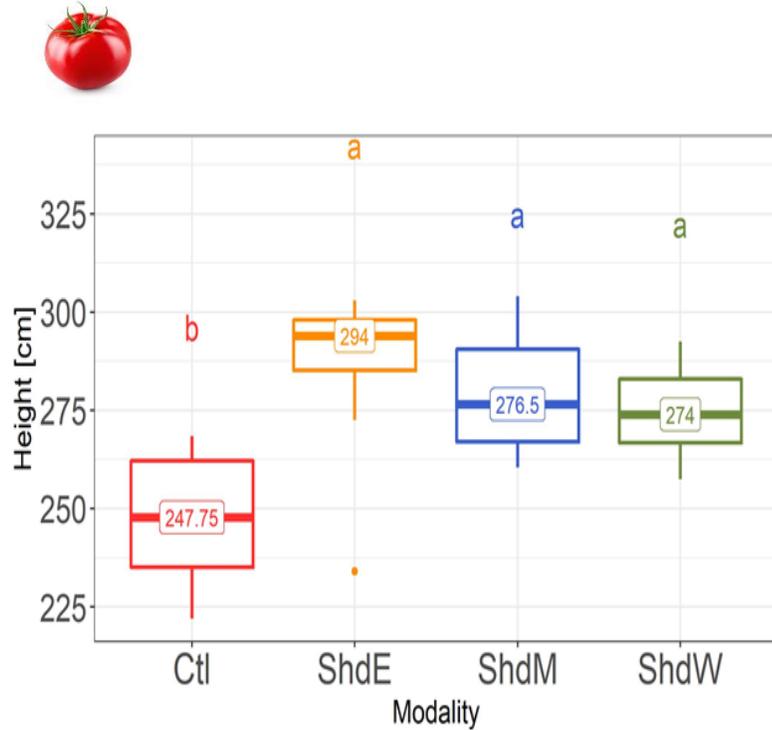


Surface foliaire spécifique [m²/kg]



Ombrage et croissance végétative

Croissance végétative : de l'échelle des feuilles à l'échelle de la plante



Syndrome typique d'évitement de l'ombre :

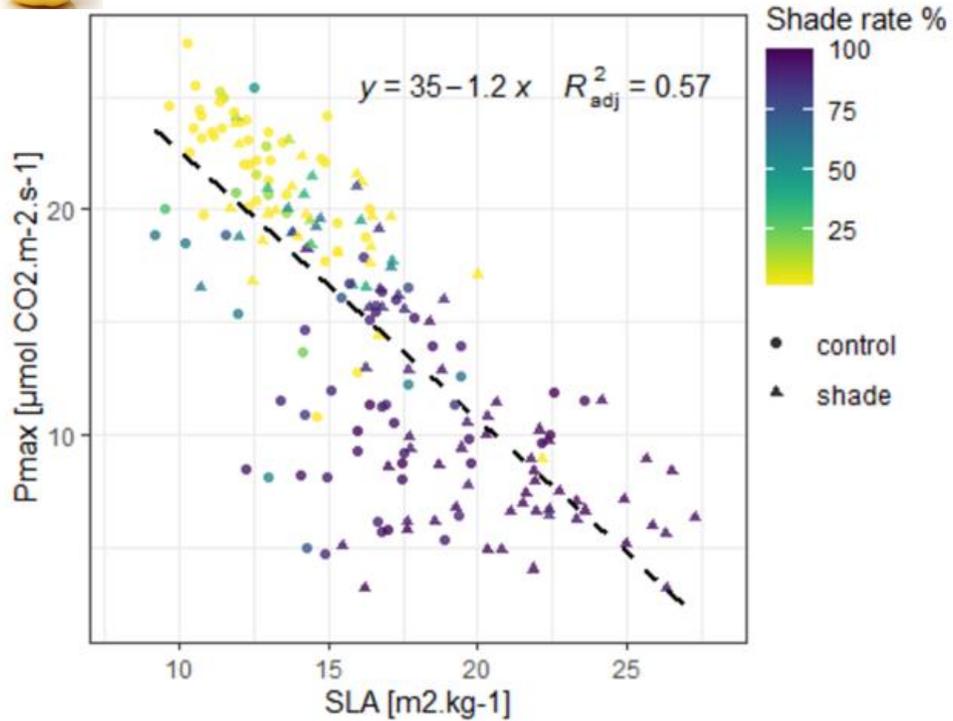
- Allongement des axes,
- Feuille individuelle plus grande,
- Surface foliaire spécifique augmentée



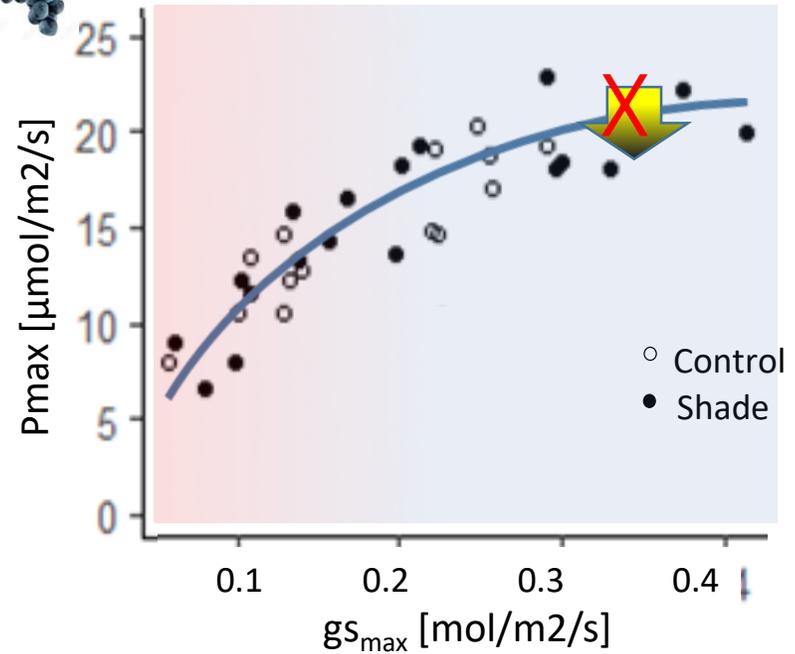
Augmentation de la surface foliaire

Ombrage et photosynthèse de la plante

Acquisition du carbone par la plante



Capacité photosynthétique peu modifiée sur vigne, contrairement à des ombrages permanents



Avec l'ombrage :

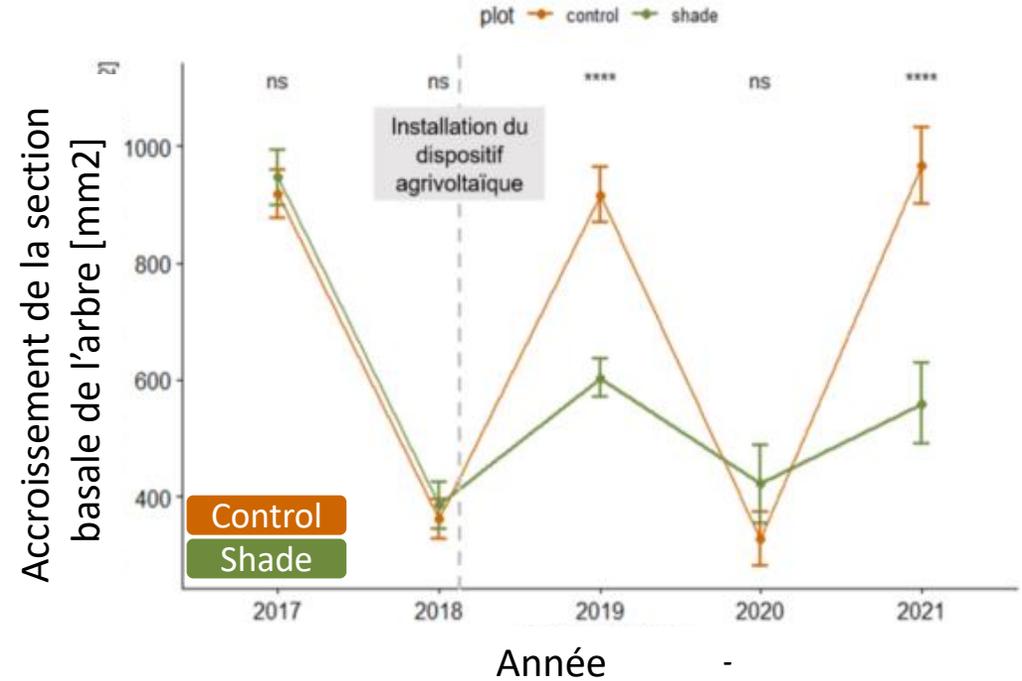
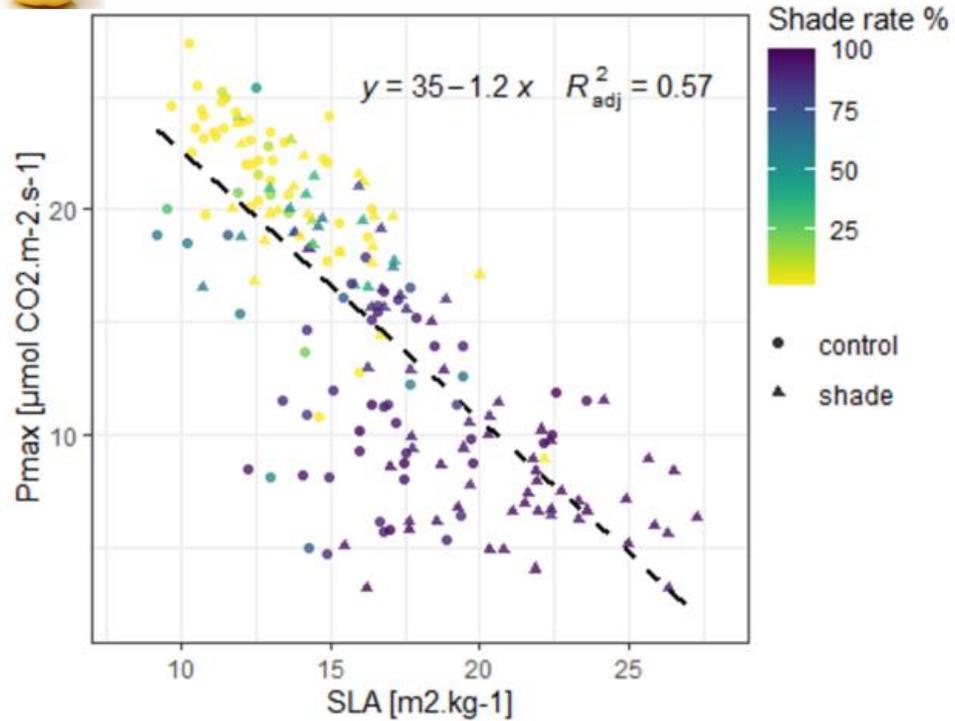
- Augmentation de la surface foliaire
- Maintien/réduction des capacités photosynthétiques,
- Réduction du rayonnement



Réduction de l'acquisition de Carbone
Statut carboné moins favorable

Ombrage et photosynthèse de la plante

Acquisition du carbone par la plante



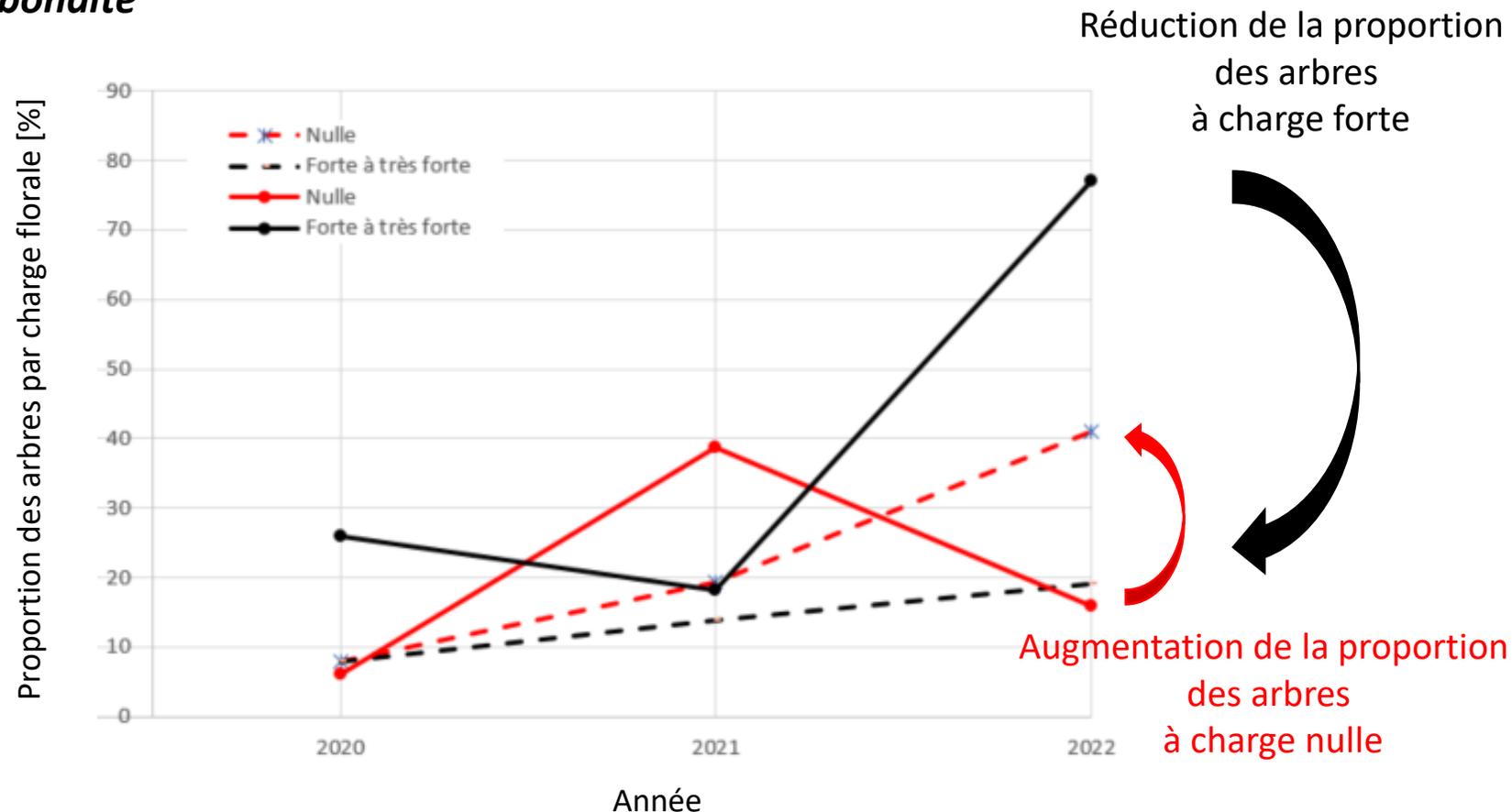
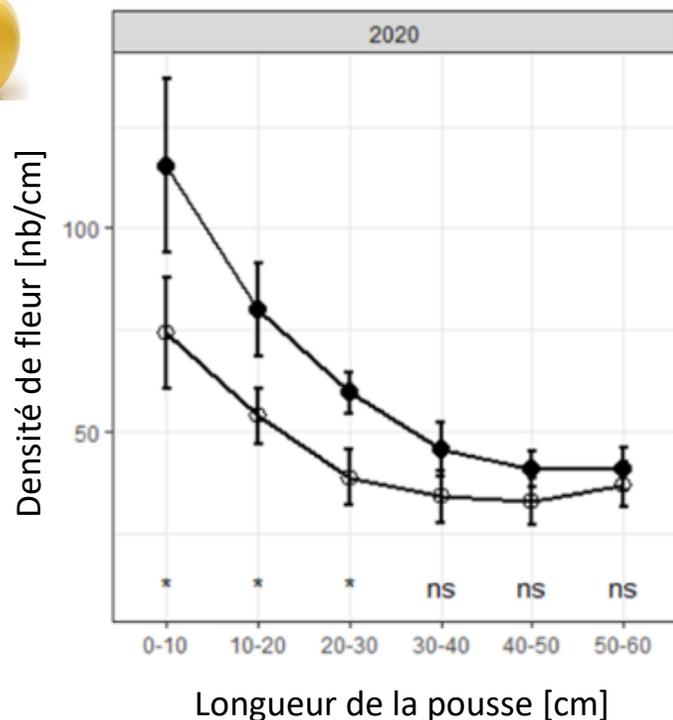
Avec l'ombrage :

- Augmentation de la surface foliaire
- Maintien/réduction des capacités photosynthétiques,
- Réduction du rayonnement



Réduction de l'acquisition de Carbone
Statut carboné moins favorable
Plus faible croissance globale

Conséquence de l'ombrage sur la floribondité



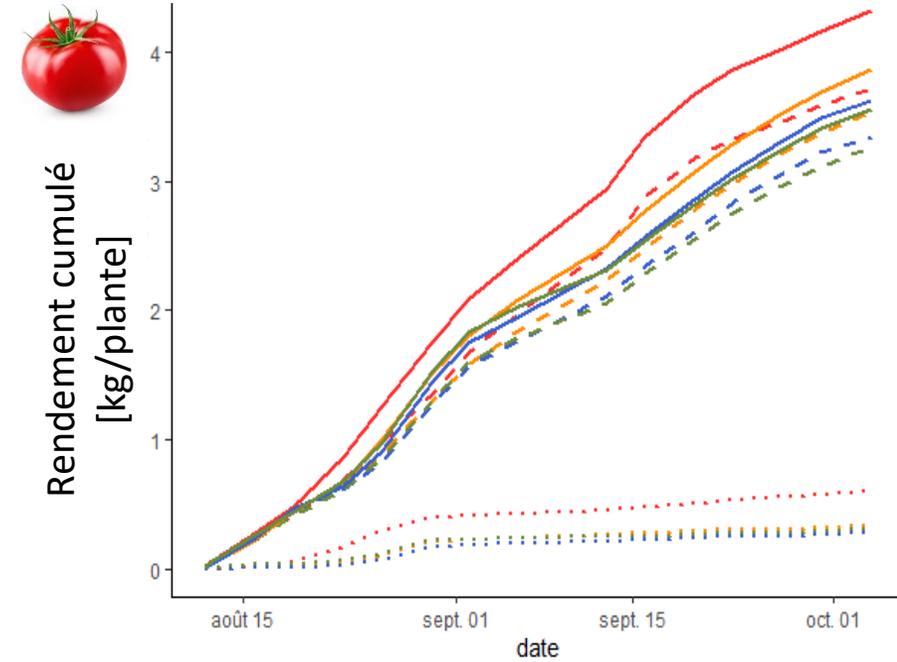
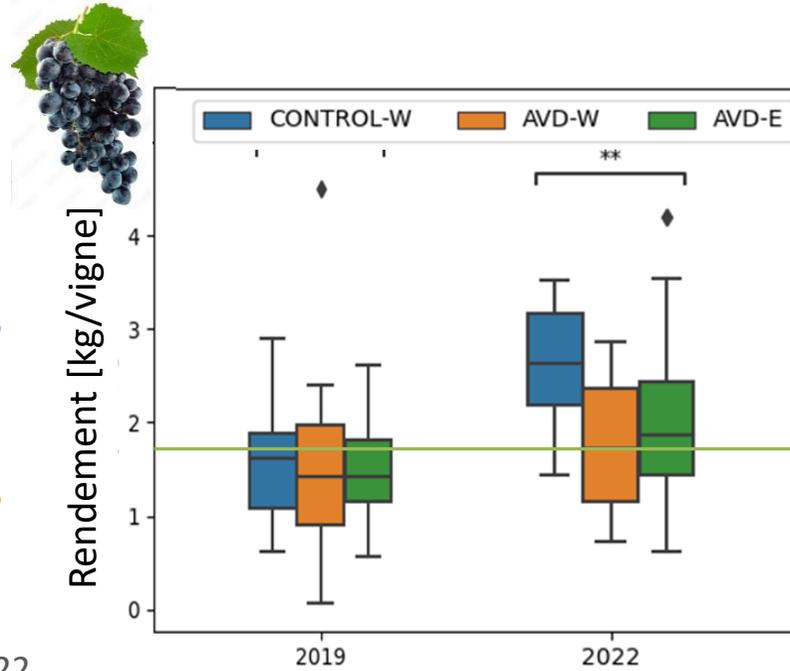
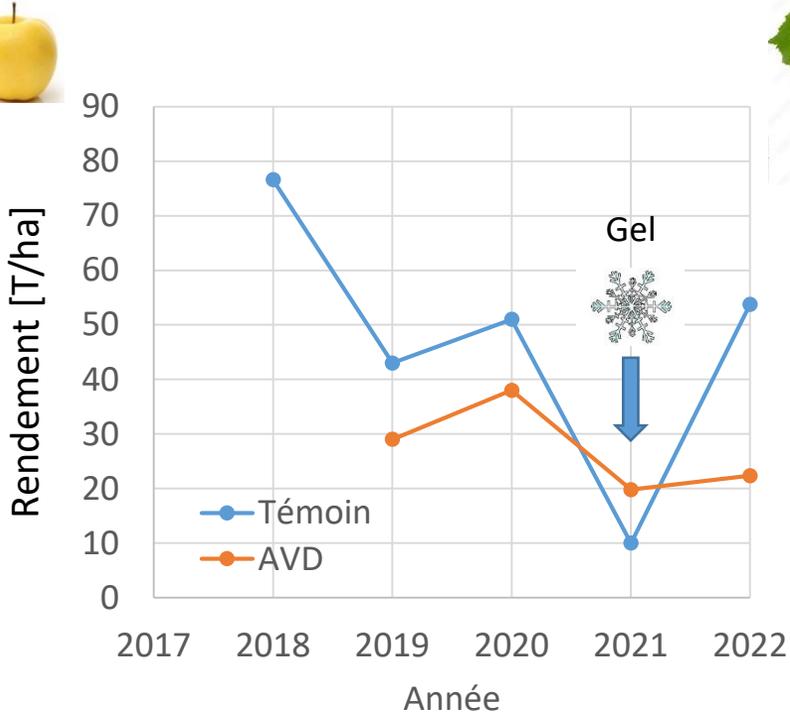
Régulation de la charge en fruit :

- Pratique courante d'éclaircissage (manuel ou chimique)
 - Problème de retour à fleur insuffisant (l'induction florale se fait l'année précédente)
- ⇒ Vers une stratégie d'ombrage différenciée au moment de l'induction florale (statut carboné et hormones)



Ombrage et production – rendement et qualité

Conséquences sur la production : en terme de rendement



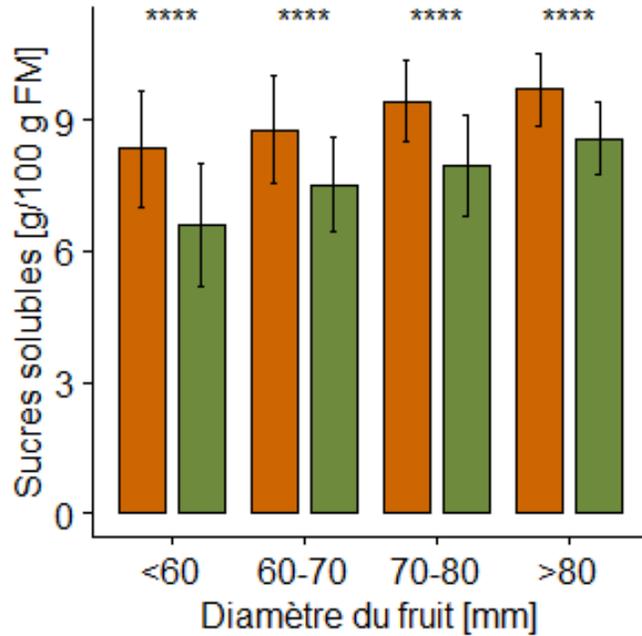
Rendements cumulés par plante en 2021



Réduction du rendement (-10 % à -30 % sous ombrage)
Sur tomate, réduction de la masse de déchets (-30 à -50 %)

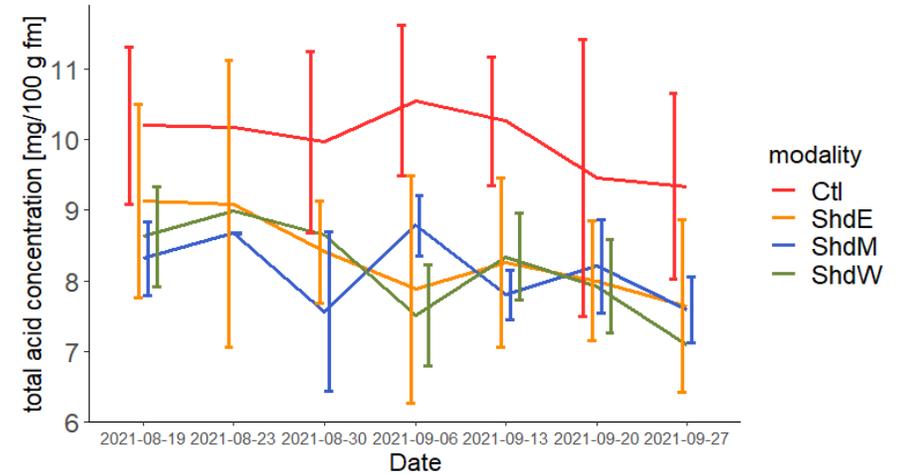
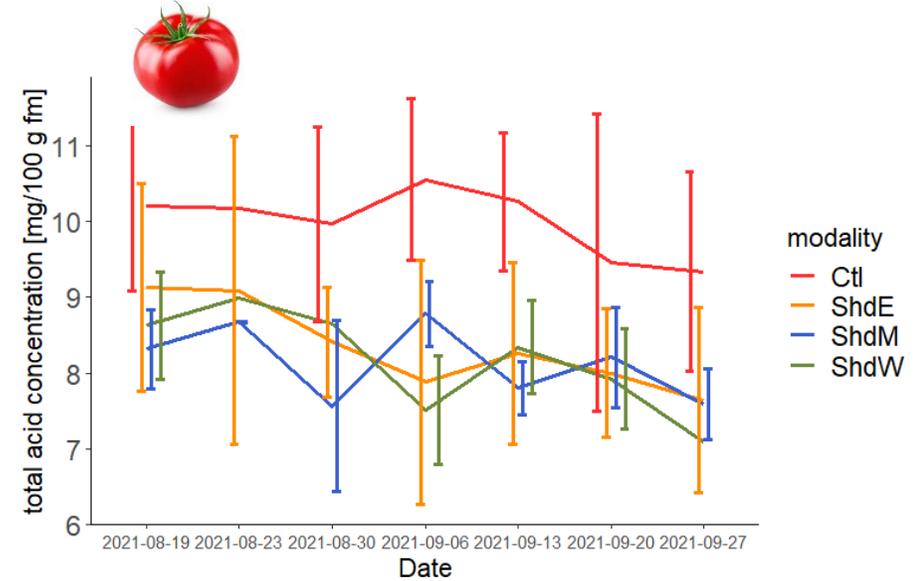
Ombrage et production – rendement et qualité

Conséquences sur la production : qualité des fruits à la récolte



Alcool (% vol)	Control-W	Control-E	AVD-W	AVD-E
2020	13.88	14.26	12.81	12.76
2021	13.32	13.59	12.49	12.49
2022		12	11.82	13.07

Acidité g.L-1 H2SO4	Control-W	Control-E	AVD-W	AVD-E
2020	3.97	3.57	4.07	3.96
2021	3.3	3.08	3.19	3.41
2022		3.23	3.51	3.18



- Diminution de la teneur en masse sèche
- Diminution de la concentration en sucres soluble et en amidon
- Acides organiques : variable selon espèce considérée
augmentation pour raisin, stabilité sur pomme, réduction sur tomate
- Métabolites secondaires

Ombrage associé à des panneaux photovoltaïques

Cas de l'horticulture et de la viticulture

- Effet sur le **micro-phyllo-climat** :
 - Réduction de la température, augmentation humidité
 - Atténuation de l'intensité des événements extrêmes (gel et vague de chaleur)
- **Réduction des besoins en eau** des cultures
- **Statut hydrique plus favorables / Statut carboné dégradé**
- **Effet nulle à modéré sur la phénologie**
- Effet sur la croissance végétative : **syndrome d'évitement de l'ombre**
- Effet sur la production et sa qualité
 - Réduction de la production (**baisse floribondité**)
 - **Diminution de la qualité** des produits récoltés

Quid pérennité du système ? Adaptation ?

Quid modification micro-climat, architecture et composition plante sur ravageur/auxiliaire/maladie ?

Quid capacité de défense de la plante ?