



2022 POMME PROJET DENVER REDUCTION IRRIGATION

Isabelle GENIVET, Fanny CALMELS - Verger de Poisy

I BUT DE L'ESSAI

Une conséquence importante du changement climatique est la diminution des ressources en eau. On observe un accroissement de la demande des cultures en irrigation. L'agriculture et notamment l'arboriculture fruitière est logiquement consommatrice de cette ressource. La question que l'on peut se poser est : quelle quantité d'eau peut-on diminuer tout en maintenant un verger viable qualitativement et économiquement ? Des outils sont à la disposition des techniciens et agriculteurs. Cependant, ils sont pour certains peu adaptés et trop généralistes. Certaines innovations méritent d'être étudiées afin de se les approprier pour maîtriser la gestion de l'irrigation. Le pilotage se faisait essentiellement en observant l'état hydrique du sol et non celui de la plante.

Les objectifs de ce projet sont de :

- Tester un nouveau matériel en arboriculture fruitière : le dendromètre
- Appréhender ses données
- Piloter l'irrigation grâce à ce matériel, pour diminuer et optimiser les quantités d'eau apportées

II MATERIEL ET METHODES

Lieu de l'essai : Verger Expérimental de Poisy

Variété : Idared

Année de 1ère feuille : 2017, plantation sur terrain neuf

Dispositif : 1 ligne par modalité

Distance de plantation : 4.5m X 1.2m (1851 arbres/ha)

Irrigation par aspersion sous frondaison avec des micro-jets

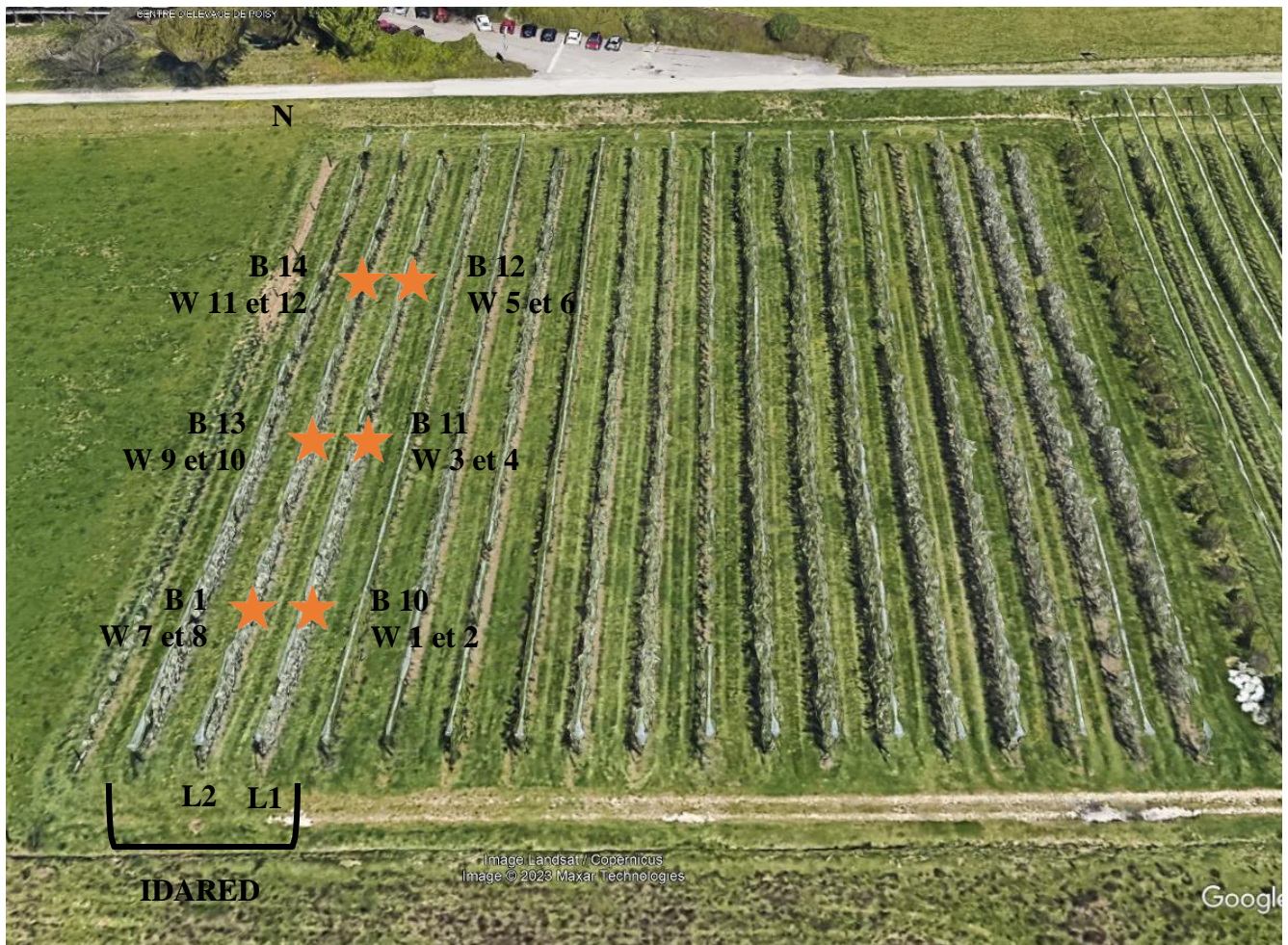
Dispositif mis en place :

B = dendromètre

W = sonde watermark à 30 et 60 cm de profondeur

L1 : réduction de l'irrigation

L2 : irrigation normale



Les dendromètres sont installés sur une branche dans le 1/3 supérieur de l'arbre (diamètre de la branche entre 10 et 12 mm)



Dendromètre en place Photo VEP



Boîtier de transmission Photo VEP

Dendromètre :

Il mesure en continu les variations des diamètres de l'organe sur lequel il est placé (tronc, branche, fruit...).

- **LVDT** (Linear Variable Differential Transformer) : variation du diamètre de la branche sur laquelle est installée l'appareil. Cela permet d'observer toutes les réactions physiologiques de l'arbre liées à l'état hydrique des cellules du végétal et à la climatologie extérieure. En effet les variations de LVDT sont fonction de divers paramètres :
 - Croissance réelle (fabrication de cellule)
 - Etat hydrique (réhydratation possible des cellules sans croissance) : mobilisation des réserves hydriques
 - Dilatation thermique (pas de transpiration) : état physiologique global par rapport à la phénologie.
- **Température extérieure** (sonde protégée par un boîtier)
- **Rayonnement solaire** (sonde PAR)
- **D'autres sondes** peuvent être installées en fonction des besoins

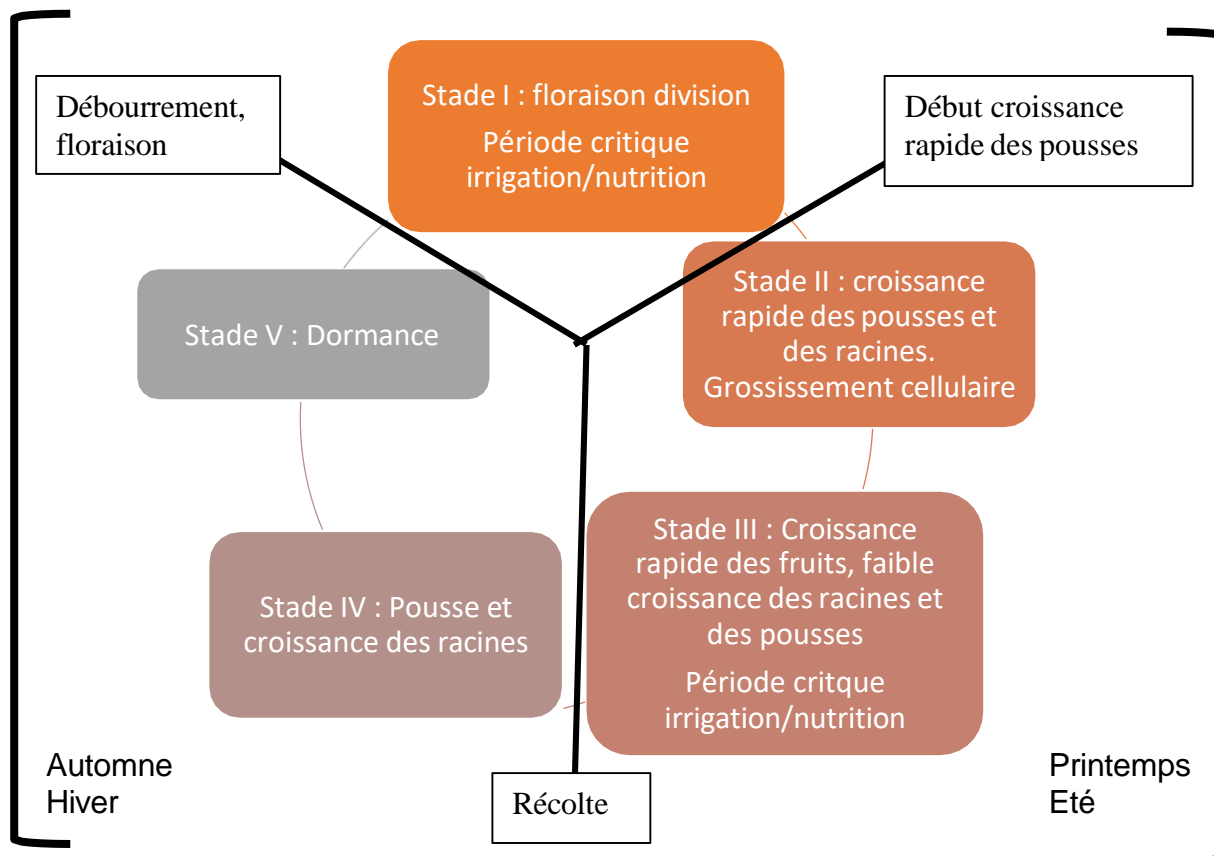
Variables observées

- **Mesures par l'intermédiaire du dendromètre :**
 - Diamètre des branches : LVDT
 - Croissance journalière
 - Amplitude
 - Température
 - Rayonnement solaire
- **Sonde Watermark :**
 - Pression de l'eau dans le sol (centibars)
- **Mesures agronomiques**
 - Diamètre des troncs
 - Croissance des fruits (mesure hebdomadaire des calibres)
 - Rendement et répartition des calibres

Besoin hydrique du pommier

Le développement du fruit se fait en 3 phases

- Division cellulaire : elle s'étend durant 30 à 40 jours après la pleine floraison.
- Début du grossissement cellulaire : période variable selon l'époque de maturité du fruit.
- Période terminale de développement du fruit : 4 à 5 semaines avant la récolte.



Les besoins en eau des plantes se composent de l'évaporation et de la transpiration (ET) regroupés sous le terme d'évapotranspiration. Ces composants sont limités par l'eau disponible dans le sol. La transpiration est la force qui fait monter la sève brute dans l'arbre à travers le xylème.

Différents indicateurs de stress hydrique existent :

- **Statut hydrique du sol :**
 - Teneur en eau du sol : mesurée avec les sondes capacitatives.
 - Potentiel hydrique du sol (dépend de nombreux facteurs tel que texture, profondeur, densité) : mesuré avec les sonde Watermark ou tensiomètres.
- **Statut hydrique de la plante :**
 - Potentiel hydrique foliaire : permet d'estimer la disponibilité en eau pour les plantes avec une chambre à pression.
 - Echange gazeux : c'est l'emploi des indicateurs physiologiques comme la photosynthèse, la transpiration et la conductance stomatique. La photosynthèse diminue progressivement quand la contrainte hydrique augmente (fermeture des stomates).
 - Dendrométrie et circulation de sève : mesure des diamètres de troncs (dendromètre).

Protocole 2022

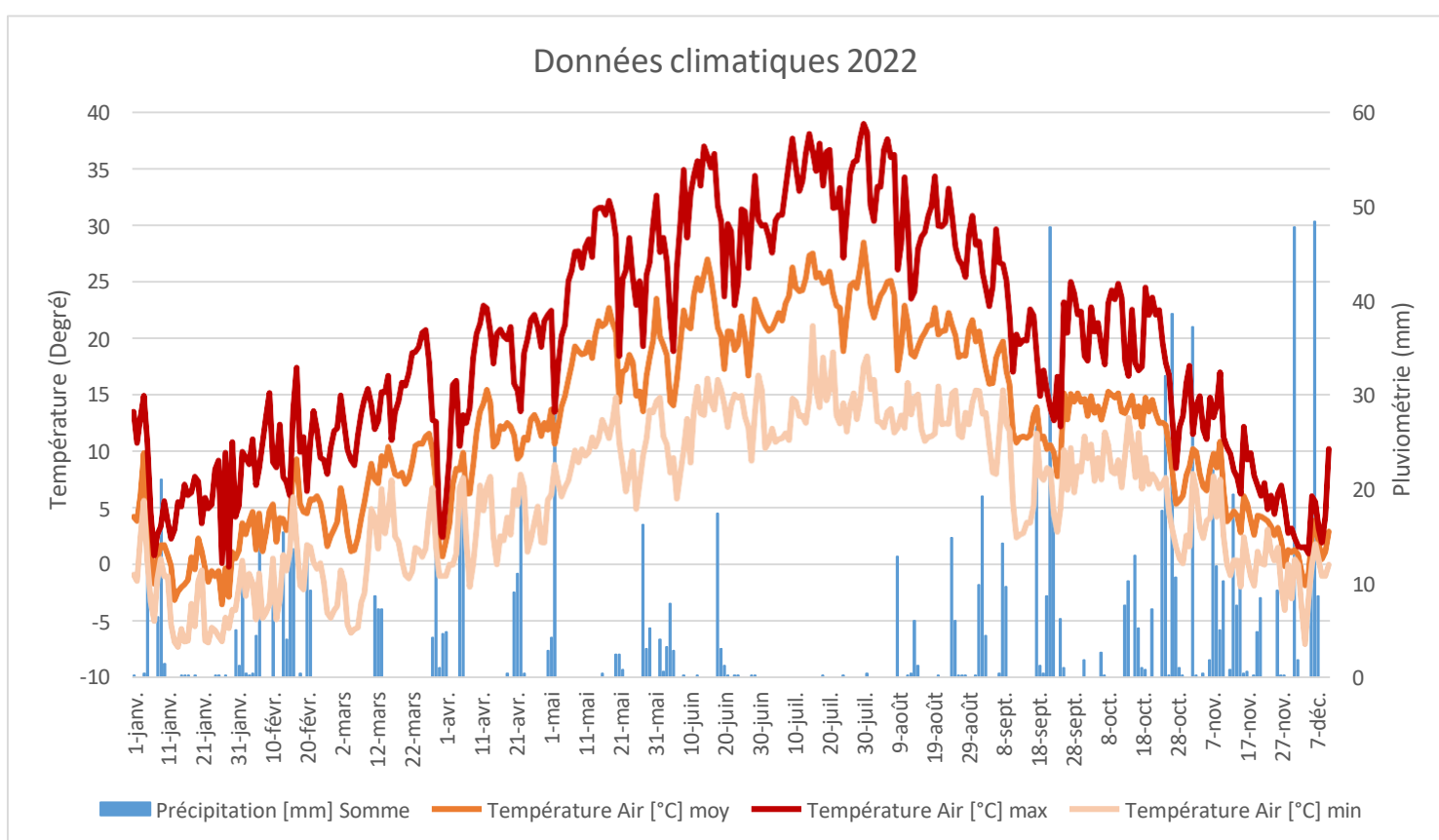
Réduire de moitié les quantités d'eau apportées sur la ligne « réduction ». Le nombre d'arrosage est identique pour les deux lignes.

Arrosage en journée pour la gestion du volume apporté.

Volume d'eau apporté	15/06	18/07	31/07
Ligne 1	6,648 m ³ soit 17,4 mm	7,672 m ³ soit 20,1 mm	6,347 m ³ soit 16,59 mm
Ligne 2	12,660 m ³ soit 33 mm	15,439 m ³ soit 40,36 mm	12,863 m ³ soit 33,63 mm

III RESULTATS ET DISCUSSION

- Données climatiques

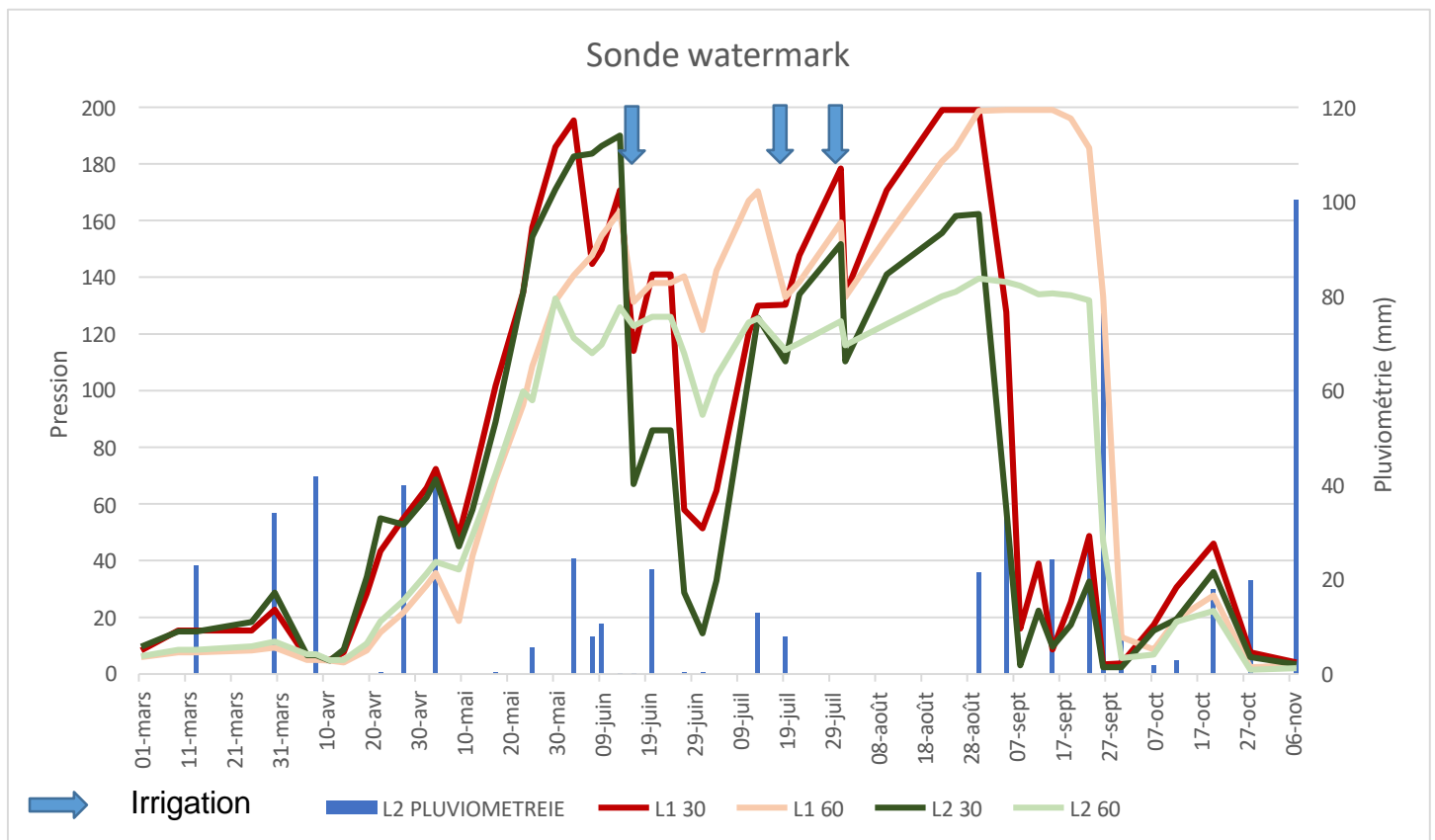


L'année 2022 est marquée par une sécheresse intense et des températures très élevées.

L'hiver a été sec avec un déficit pluviométrique surtout en janvier et mars. Il y a eu plusieurs journées de gelées après le débourrement : les 22, 23 et 24 mars (-0.57 à -1.21°C), les 1, 2 et 3 avril (-0.98 à -1°C) et le 10 avril -1.95°C.

Par la suite, une première vague de chaleur/sécheresse très précoce est observée du 11 mai au 21 mai. La deuxième vague se situe entre le 10 et le 25 juin avec des maximales dépassant les 30°C. La 3^{ème} vague, la plus longue s'est étendue du 10 juillet au 14 août avec des températures dépassant allègrement les 35°C. On note durant cette période un déficit pluviométrique très fort. Au total la barre des 30°C a été dépassée pendant 70 jours et celle des 35°C durant 23 jours. Durant toute la saison, les variations de température sont importantes en quelques jours.

- Sonde Watermark : potentiel hydrique du sol



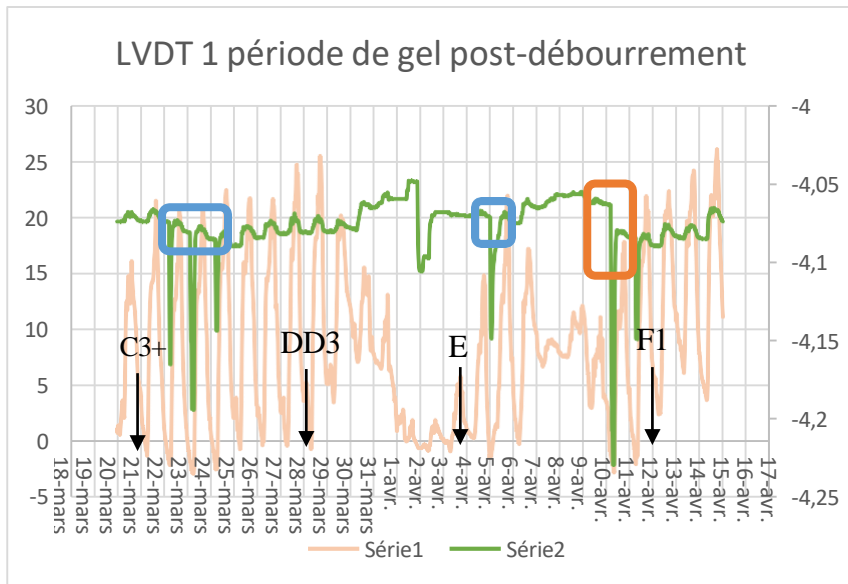
Sur la saison, on constate une pluviométrie très déficitaire (phénomène observé sur l'ensemble du territoire). Jusqu'à mi-mai le sol reste humide avec des valeurs < 80 Pa. A partir de mi-mai, le sol s'assèche très rapidement pour atteindre des valeurs quasi maximales fin mai à 30 cm de profondeur (190 à 195 Pa). A cette même date, en profondeur (60 cm), le sol devient également sec avec des valeurs de 130 Pa. La pluviométrie de 40 mm au total ne suffira pas à faire redescendre les tensiomètres. C'est la première irrigation (15 juin) qui permettra d'avoir une baisse des tensiomètres. La ligne 2 a reçu une quantité double d'eau par rapport à la ligne 1. Ceci est nettement visible au niveau du sol. Les tensiomètres à 30 cm descendent aux alentours de 70 Pa pour la ligne 2 contre 115 Pa (et 50 Pa après la pluie de fin juin) pour la ligne 1. Ceux à 60 cm descendent à 90 contre 120 Pa pour L1. L'effet de l'irrigation met plus longtemps à être visible à 60 cm, le sol étant très sec. Après la pluie de fin juin, aucune précipitation n'est observée jusqu'à début août. La deuxième irrigation (même principe, quantité doublée sur L2) a l'effet inverse, les conditions de sécheresse étant extrême avec un vent perpétuel. On observe alors une légère diminution des tensiomètres à 60 cm de profondeur qui reste cependant très élevés (110 ligne 2 et 130 ligne 1). A la mi-juin, suite aux conditions caniculaires, le sol devient plus sec en profondeur (à 60 cm) qu'en surface (30 cm).

Le 3^{ème} arrosage a un effet très fugace notamment à 60 cm. Il permet cependant de ré humidifier en profondeur et de retrouver une logique avec des sols plus mouillés à 60 cm par rapport à 30 cm. Une deuxième période de sécheresse extrême est notée de mi-août à fin septembre avec des pressions aux maximums notamment pour la ligne avec restriction et ce malgré les pluies répétées et significatives en septembre.

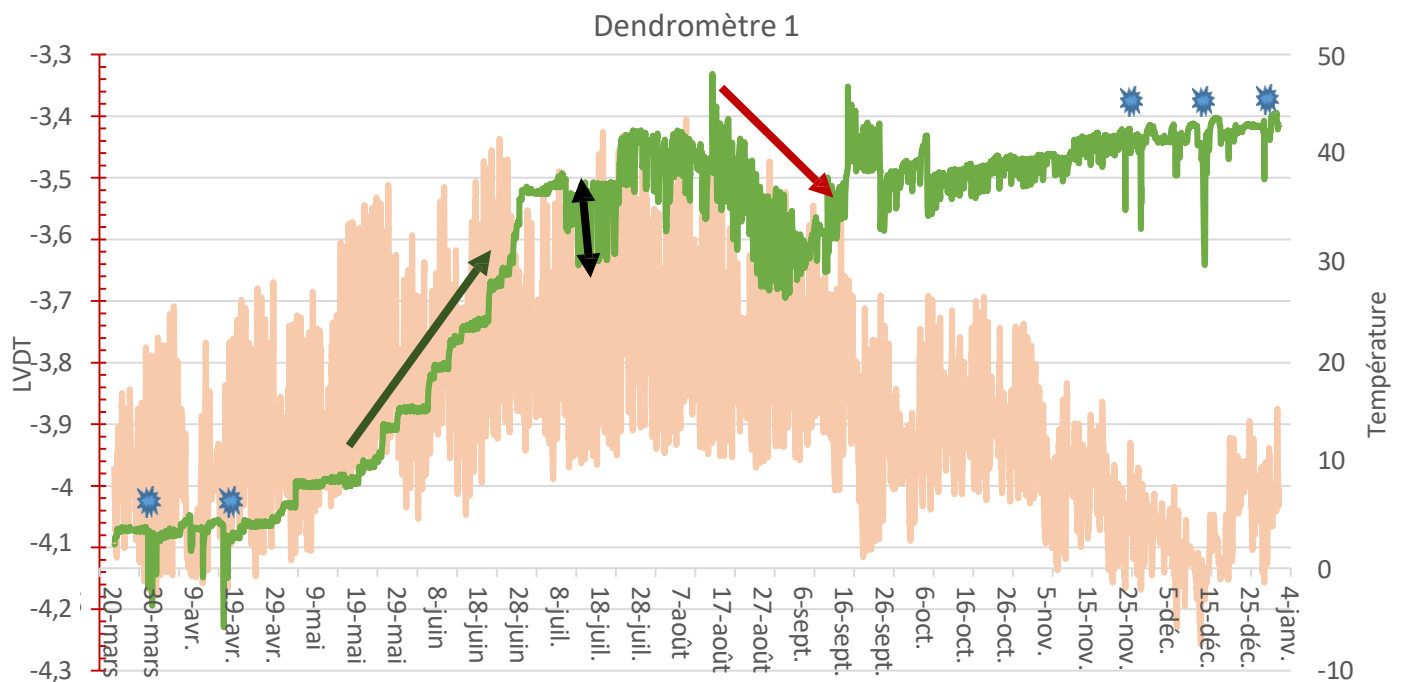
Ces pluies permettent toutefois d'humidifier le sol en surface (30 cm), les tensiomètres sont inférieurs à 40 Pa début septembre. Ces dernières n'ont plus aucune efficacité en profondeur. Il faudra attendre fin septembre pour que les tensiomètres à 60 cm atteignent le même niveau (< 20 Pa) sur les deux lignes.

- Lecture de LVDT : statut hydrique de la plante

o Gel



o Sur une saison



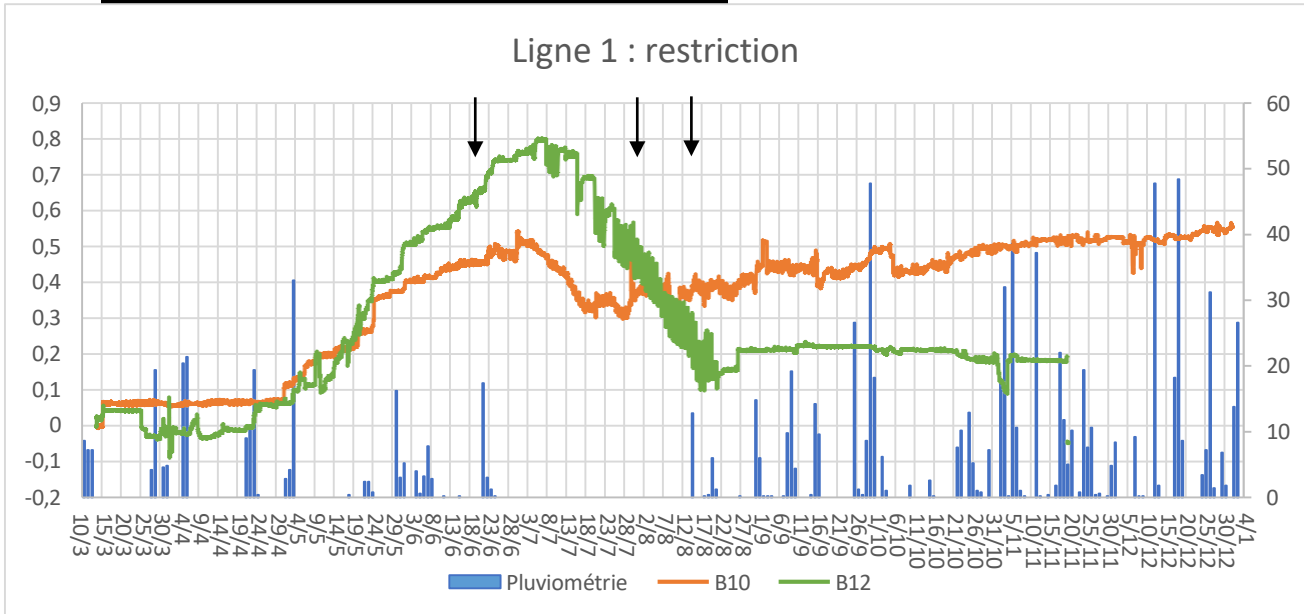
A l'échelle de la saison divers phénomènes physiologiques sont visibles :

- * on retrouve les journées de gel au printemps et en décembre.
- → phase de croissance, dont le début coïncide avec le développement foliaire. La fin de cette période est dépendante des conditions climatiques de la saison. En 2022, année de forte sécheresse et canicule, pour cet arbre, elle se termine vers le 20 juin. En 2021, la période de croissance s'était prolongée deux mois jusqu'au 20 août.
- ↔ La forte augmentation des amplitudes à partir de début juillet correspond à une importante transpiration liée à la contrainte hydrique (sécheresse, canicule).
- → Une période de décroissance peut être observée les années où les arbres rentrent en phase de stress hydrique très important.

- Résultats dendromètres

○ LVDT

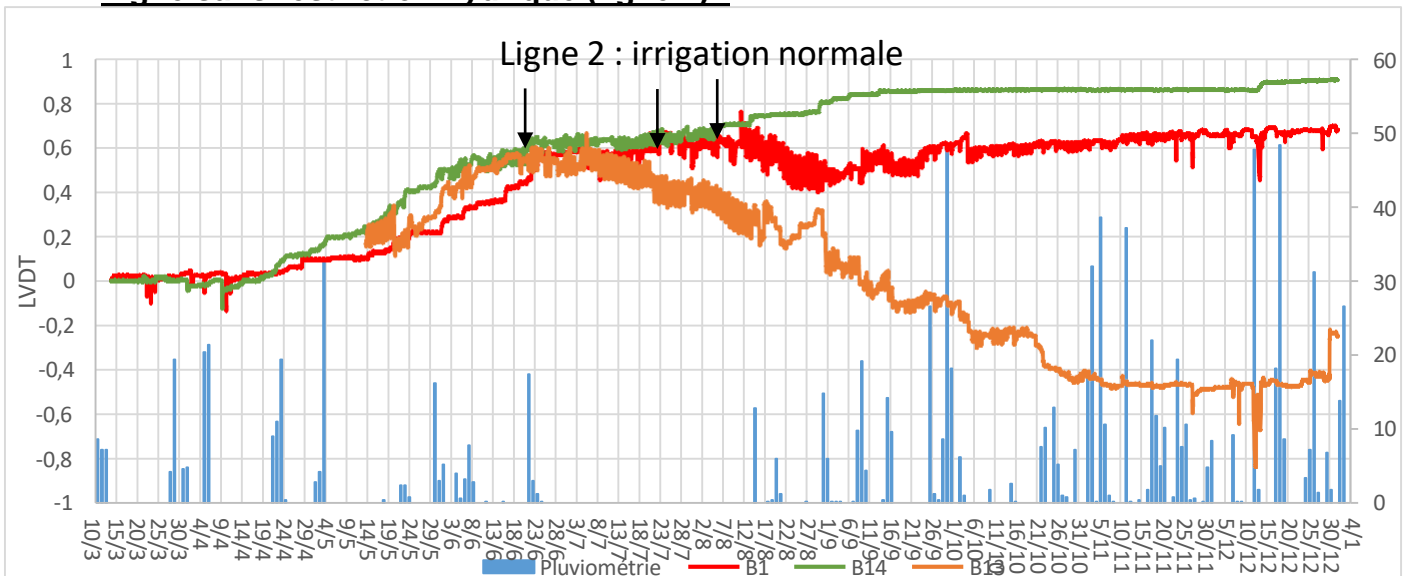
- Ligne avec restriction hydrique (ligne 1) :



Avec cette année de sécheresse précoce, dès le printemps, la croissance n'est pas continue. Elle se fait par paliers successifs qui correspondent aux précipitations.

- **B10** : on note une contrainte hydrique assez forte. La décroissance apparaît dès début juillet et elle s'étale sur tout le mois. Au mois d'août, on constate une alternance de période sans croissance et de période de décroissance assez courte. Les amplitudes sont accrues à partir de fin juillet.
- **B12** : la contrainte hydrique est très forte avec une décroissance qui débute en juillet jusqu'au 20 août. Les amplitudes sont également très importantes à partir de mi-juillet ce qui implique une forte transpiration liée aux chaleurs caniculaires. On remarque que les irrigations ne permettent pas de faire repartir la croissance. Le retour des précipitations mi-août ont pour premier effet de réduire la transpiration (réduction de l'amplitude)

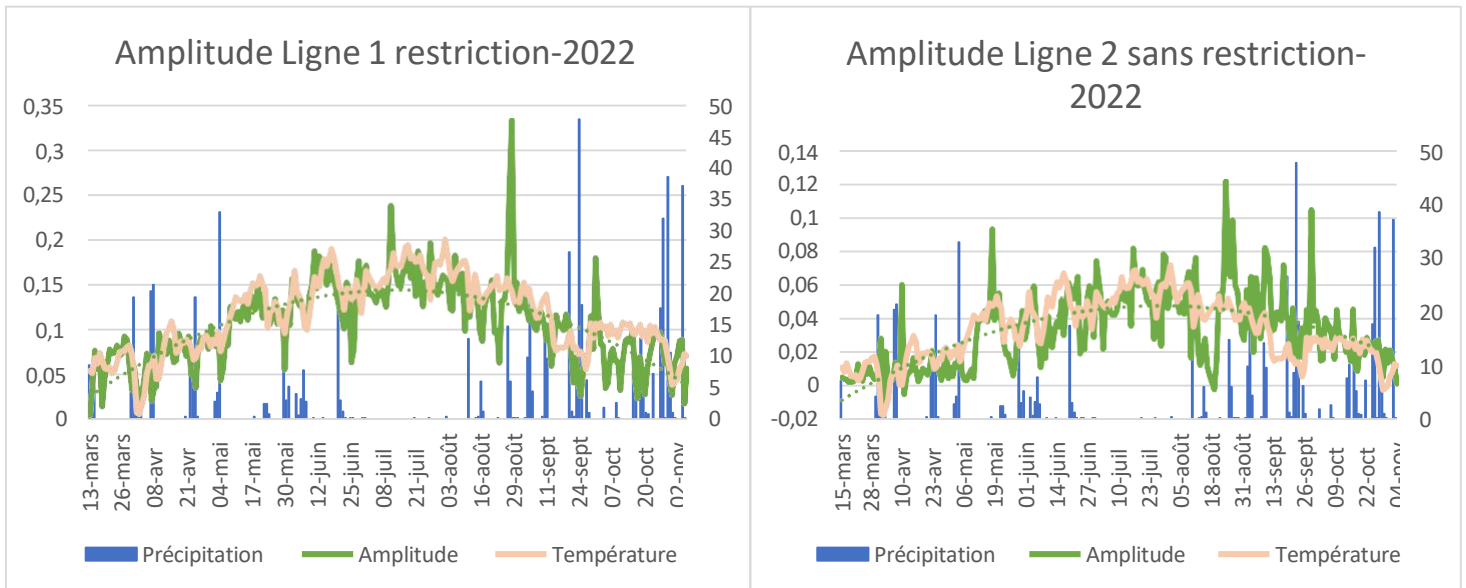
- Ligne sans restriction hydrique (ligne 2) :



On observe également une croissance par paliers aux printemps.

Les trois dendromètres installés sur la ligne sans restriction hydrique montrent malgré tout des sensibilités différentes de chaque arbre au stress hydrique pendant la période de forte sécheresse/canicule (juin, juillet, août). Deux cas de figure apparaissent :

- **B14** ne présente pas trop de contrainte hydrique durant la période. On observe seulement un ralentissement de la croissance notable pour juillet et août. La transpiration est accrue une première fois dès la fin mai puis augmente encore d'un cran mi-juillet.
 - B1 et B13 présentent une contrainte hydrique sur la période. L'augmentation progressive des amplitudes (à partir de mi-juin pour B13 et début juillet pour B1) indique une augmentation de l'utilisation des réserves hydriques de l'écorce.
 - **Pour B1**, la contrainte est modérée avec une décroissance sur la fin de la période (à partir de mi-août).
 - **Pour B13** la contrainte hydrique est très forte la décroissance est visible dès début juillet et elle est quasiment sans discontinuité jusqu'à mi-août.
- **Amplitude**



L'amplitude est la représentation de la transpiration. En période feuillée, la contraction indique que le réservoir « écorce » cède de l'eau à la transpiration.

Plus l'amplitude est importante, plus l'arbre transpire. Les journées à faible amplitude indiquent une faible transpiration cela peut être du :

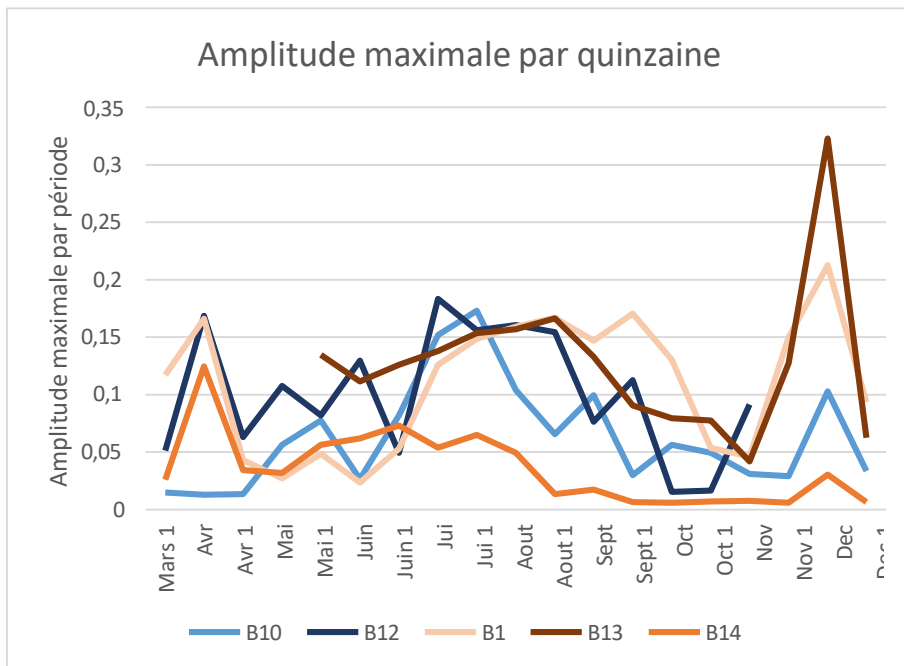
- A une faible demande climatique (ETP faible) : ceci est le cas en début de saison (mars et avril) et sur la fin de saison (octobre/novembre) avec la réhumectation des sols.
- A une fermeture des stomates : cela peut être d'origine climatique ou physiologique (stress hydrique, fort déficit en pression de vapeur, apport d'eau, canicule).

Calcul de l'amplitude : $LVD\text{DT max } j - LVD\text{DT min } j$

Pour les deux lignes, au vu des conditions climatiques de l'année, on peut affirmer que l'augmentation des amplitudes indiquent une augmentation de l'utilisation des réserves hydriques de l'écorce en juin, juillet et août.

Quelque soit la modalité, l'amplitude est très corrélée à la température. L'amplitude/transpiration est en croissance jusqu'à juillet avant de réduire

Avec cette année de forte sécheresse/canicule, les amplitudes se réduisent avec le retour des précipitations.



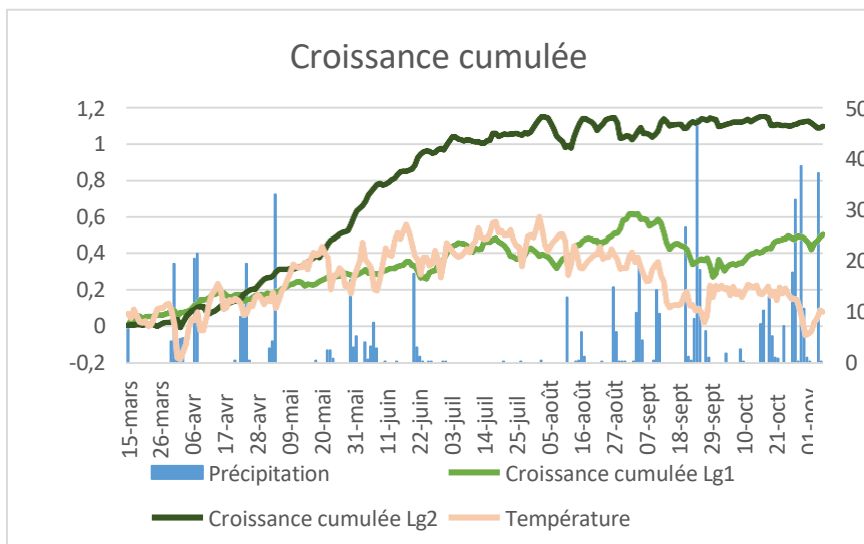
Le graphique représente l'amplitude journalière maximale mesurée par période de 15 jours. Ceci nous permet d'évaluer l'intensité des contraintes hydriques estivales en comparant l'amplitude maximale à cette période à celle observée pendant les épisodes de gel. En effet, les AMC en période de gel hivernal sont intenses et reflètent une très forte contrainte. Ainsi, plus les AMC estivales sont proches des hivernales, plus l'arbre subit un stress hydrique important en lien avec la sécheresse/canicule.

Ainsi en 2022, on constate :

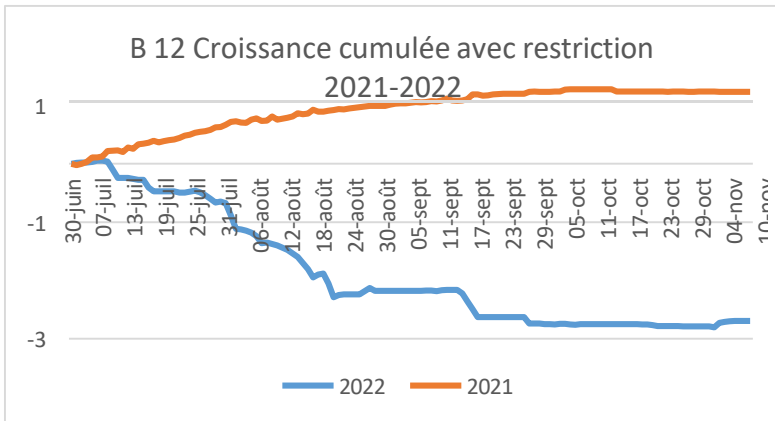
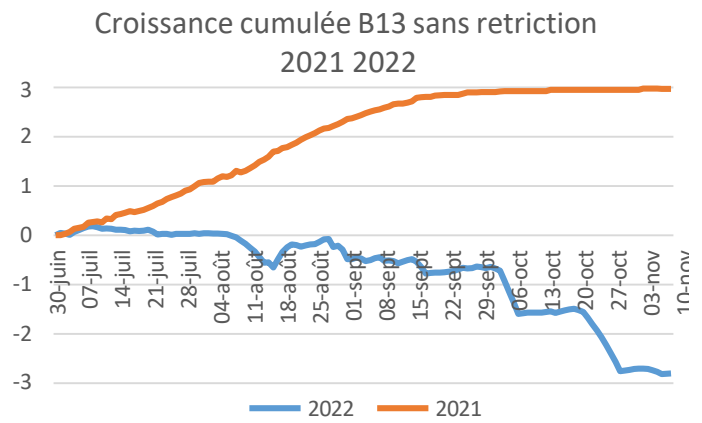
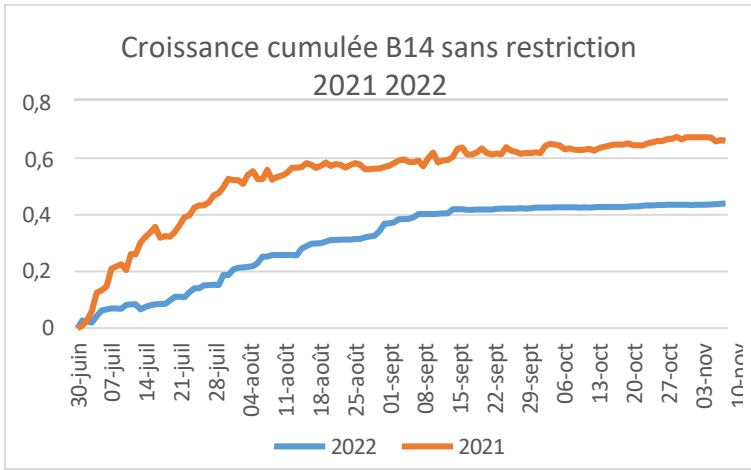
- Ligne 1 avec restriction :
 - o B10 : AMC estivale > AMC hivernale (+50%)
 - o B12 : AMC estivale légèrement > AMC hivernale
- Ligne 2 sans restriction :
 - o B1 : AMC estivale < AMC hivernale (-25%)
 - o B13 : AMC estivale << AMC hivernale (-50%)
 - o B14 : AMC estivale << AMC hivernale (-50%)

La réduction d'irrigation est donc bien visible sur les amplitudes

o **Croissance cumulée**



Sur la ligne en restriction d'irrigation (ligne 1), on note de nombreuses périodes de décroissance certainement liée à la très forte contrainte hydrique. Une première période fin juin, puis trois successives en juillet et début août. On en retrouve également une importante en septembre en adéquation avec les sondes Watermark qui ne redescendent que fin septembre à 60 cm de profondeur. Sur la ligne 1 sans restriction, ce phénomène est bien marqué.

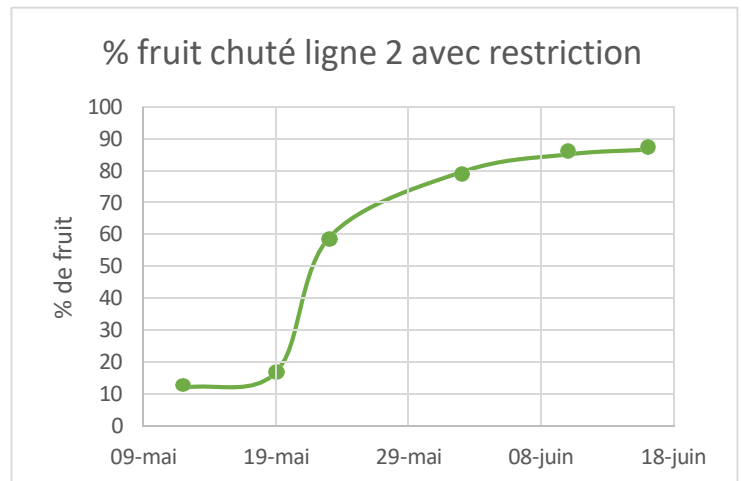
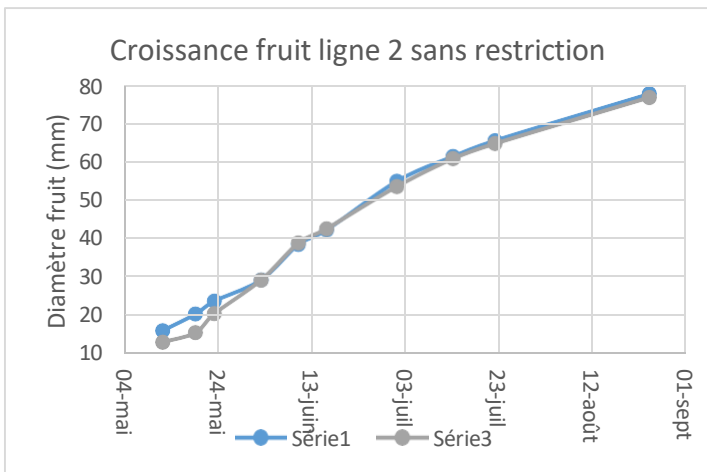
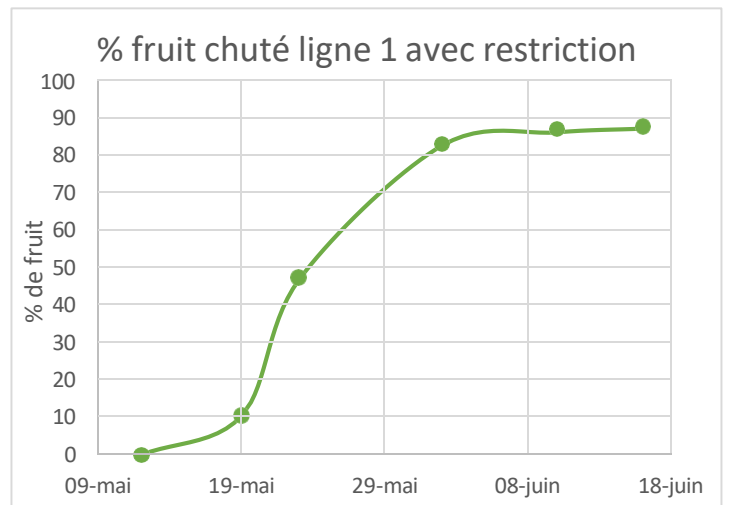
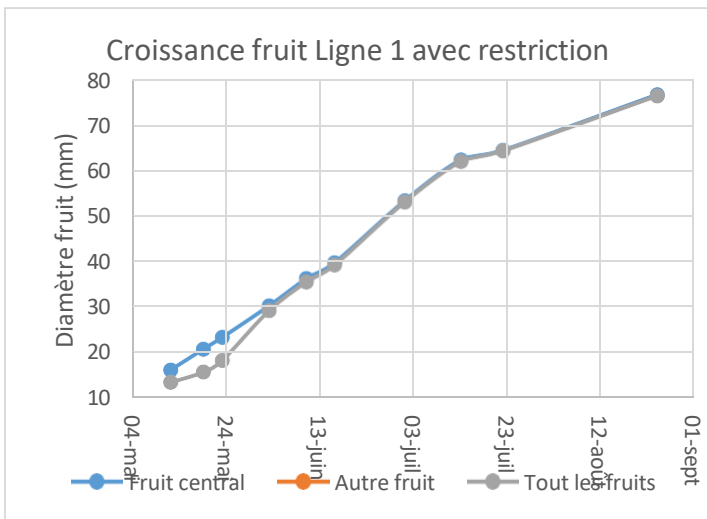


Les dendromètres ayant été installée fin juin 2021, la comparaison des croissances cumulée entre ces deux années ne débute qu'à cette date.

On observe pour les trois dendromètres la différence entre les deux années. 2021 avait été une année pluvieuse, également en été sans réelle période de contrainte hydrique. On le constate à travers ces graphiques où la croissance se poursuit jusqu'à la dernière décade d'août voire début septembre en 2021 et ce, qu'il y ait

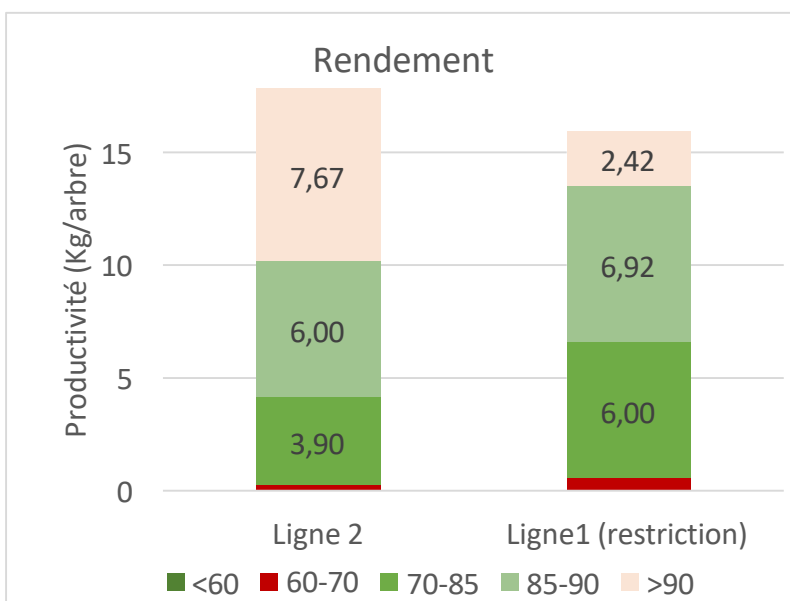
eu restriction ou pas. En 2022, sur la modalité sans restriction, la réaction des 2 arbres où se situe les dendromètres est très différente, le B 13 montrant un arbre très impacté. La ligne avec restriction reste quand même plus pénalisante sur la croissance cumulée.

- Résultats agronomiques



Durant la saison, 36 corymbes par ligne ont été suivis.

Les dynamiques de croissance des fruits et de chute des fruits sont équivalentes pour les deux lignes.



Au niveau productivité, la ligne avec restriction accuse une baisse de 4 T / ha par rapport à la ligne sans restriction. Cet écart est faible, il se traduit surtout par un poids moyen du fruit bien plus faible 230 g / fruit contre 267 g / fruit pour la modalité sans restriction. Dans cette dernière le gain se fait dans les calibres >90mm, calibre difficilement commercialisables. Dans la ligne avec restriction d'irrigation, la quantité de calibre commercialement intéressant (70-90 mm) est ainsi bien supérieur à celle de la ligne 2 (12,92 kg/arbre contre 9,9 kg/arbre)

IV CONCLUSION

Afin d'appréhender le fonctionnement d'un dendromètre, les LVDT (micro variation des diamètres de troncs) montrent les données sur l'état physiologique de la plante en corrélation avec son interaction avec le milieu extérieur (sécheresse, gel, excès d'eau) mais aussi sur l'évolution du végétal en fonction de son stade physiologique (période de croissance, débourrement...).

L'amplitude permet d'évaluer les fortes contraintes climatiques sur l'arbre (gel, sec) et le degré de transpiration de l'arbre.

La croissance cumulée permet de vérifier la contrainte hydrique sur la saison.

La bonne compréhension de ces différentes données doit aboutir à une lecture prévisionnelle de la réaction de l'arbre en vue en premier lieu du déclenchement de l'irrigation et en deuxième lieu de l'ajustement de la quantité d'eau à apporter.

D'après les premières observations, l'amplitude serait peut-être le facteur le plus visuel et facilement appréhendable pour définir le début de la période de stress hydrique

Pour les résultats agronomiques :

Suite à une saison sèche et chaude, qui a été pénalisante pour les arbres, notamment pour la ligne restreinte en irrigation (données dendromètres et tensiomètres), on observe pour la variété Idared (tendance au gros calibre), que la ligne avec quantité d'arrosage divisée par deux à une baisse de rendement très limitée et un poids moyen par fruit plus faible. Cela se traduit, pour ce type de variété, par une quantité de calibre commercialement intéressant plus important.

Il faudra vérifier si la climatologie de la saison 2022 n'aura pas un impact sur le retour à fleur.

Nous sommes au stade balbutiement de l'utilisation de ces nouveaux appareils. Il va falloir multiplier les observations pour une utilisation optimale.

Avec le soutien de :

