

ECEAUPLANT

Economie d'**E**AU en production de fruits et légumes par la
PLANTation de matériel végétal adapté



Rapport technique – 2022

Economie d'EAU en production de fruits et légumes par la PLANTation de matériel végétal adapté

Acronyme : ECEAUPLANT

Durée du projet : 36 mois (novembre 2022 à octobre 2025)

Mots clés : économie d'eau

Présentation des structures en collaboration

Constitution du Groupe Opérationnel (GO)

Le CRIIAM Sud, Centre de Ressource et d'Innovation pour l'Irrigation et l'AgroMétéorologie en région Sud, est née en 2020 de la fusion de l'Ardepi et du Cirame.

Cette association est spécialisée dans l'expertise hydraulique, le pilotage de l'irrigation et en agrométéorologie. Sa mission d'accompagnement des pratiques des producteurs aux contraintes nouvelles des filières végétales (économiques, environnementales et sociétales), est accomplie par l'acquisition de nombreuses références et de partenariats forts avec les stations d'expérimentation régionales PACA. La spécificité du CRIIAM Sud à évaluer les performances de nouveaux outils connectés proposés par les sociétés commerciales, et son expérience de formation des agriculteurs en fait le garant d'une adaptation durable des pratiques des filières et des exploitations agricoles.

Le GRAB, Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, créé en 1979, est une association d'agriculteurs bio et d'acteurs de la recherche et du développement de l'agriculture biologique.

Ses missions sont d'améliorer les techniques et les systèmes biologiques, en particulier en maraîchage, arboriculture, et viticulture, et de diffuser et valoriser les connaissances produites et les innovations à l'ensemble des agriculteurs.

Le Grab est la principale structure française d'expérimentation et d'expertise scientifique dédiée aux productions végétales biologiques.

A) Objectif du projet

Le projet va permettre d'étudier les 2 leviers de résilience du matériel végétal et d'optimisation de l'absorption hydrique par l'exploration racinaire, sur 3 espèces majeures sur le Bassin Rhône-Méditerranée : le pommier, l'abricotier, le pêcher, grâce à la conduite de 3 essais.

Des modalités comparatives avec une forte réduction de 20 à 50 % de la quantité d'eau sera utilisée pour les vergers dès la plantation avec ces pratiques innovantes.

Les **résultats attendus** sont :

- Identification des pratiques de production de plants les plus adaptées à une conduite de verger avec un recours faible à l'irrigation dès la plantation.

- Réduction de 20 à 50 % de la quantité d'eau utilisée pour les vergers plantés avec ces pratiques innovantes.

B) Présentation des actions du CRIIAM Sud

Les objectifs du CRIIAM Sud seront d'accompagner le GRAB dans la réduction de la consommation d'eau de l'agriculture (fruits et légumes) du bassin RMC, à l'aide des leviers que sont :

1. La résilience du matériel végétal mis en place sur la parcelle d'expérimentation face aux restrictions hydriques.
2. L'optimisation de l'absorption hydrique dans le sol par l'exploration racinaire, et l'adaptation du pilotage des irrigations.

Intervention des partenaires dans les différentes actions :

	GRAB	CRIIAM Sud
Essai 1	x	x
Essai 2A	x	x
Essai 2B	x	x
Essai 3	x	

1) Evaluation de techniques innovantes pour la réduction de l'eau.

Les cultures peuvent être conduites au plus près de leurs besoins en n'apportant que les intrants nécessaires au maintien d'un bon niveau de production, et par conséquent limiter les apports d'eau.

Outils innovants de pilotage de l'irrigation en arboriculture

Plusieurs outils de pilotage de l'irrigation ont été testés par le CRIIAM Sud en maraichage et en arboriculture et notamment en partenariat avec la station d'expérimentation fruits et légumes Aprel et arboricole la Pugère. Ces derniers ont montré leurs intérêts pour l'optimisation de l'utilisation de l'irrigation aux sondes connectées capacitatives Sentek, qui seront les sondes de référence pour le pilotage de l'irrigation.

D'autres systèmes innovants pouvant mesurer les paramètres climatiques des parcelles et l'humidité du sol tels que les stations météo et les tensiomètres connectés commercialisés par la société Weenat, encore non évalué en système arboricole, pourront être mise en place afin d'être évalués. Ces tensiomètres connectés doivent montrer leur capacité de mesure en système restrictif en eau. Les tensiomètres Watermark ont souvent montré des limites de mesure sur des tensions élevées (au-delà de 120 Cb). Ils seront positionnés en comparaison avec les sondes capacitatives Sentek qui ne montrent pas de décrochage de mesure. Ce nouvel équipement sera évalué en comparaison de la sonde Sentek de référence sur culture de pommier.

De plus, La société a une interface nommée Weedriq, qui est un outil de prévision de l'humidité des sols à 7j. Une évaluation de cette nouvelle application Weedriq commercialisée par la société Weenat sera faite sur la culture de pommier en goutte-à-goutte. Celle-ci est plus particulièrement proposée pour des systèmes d'irrigation en aspersion. Nous souhaitons identifier la capacité de cet outil à nous aider à positionner les irrigations. Si sa performance est démontrée en irrigation localisée, il

donnerait une bonne vision d'organisation des économies d'eau possibles dans la conduite de système restrictif en eau.

Afin d'évaluer au mieux chaque système innovant de mesure, le CRIIAM Sud mettra en place un nouveau système de mesure de la conductivité hydraulique des sols à l'aide du système de mesure de Muntz développée par L'Inrae Montpellier.

Le principe de la méthode de Muntz, également appelée doubles anneaux de Muntz, est de mesurer l'évolution de l'infiltration au cours du temps d'une lame d'eau sous charge constante, s'infiltrant verticalement dans le sol. Il permettrait de caractériser avec plus de précision la diffusion de l'eau dans le sol, d'identifier des zones d'hétérogénéité ou de compactage. Cette mesure sera effectuée en début de campagne 2023, et sera complétée par la visualisation des flux d'eau dans le sol, avec un pilotage des apports d'irrigation au plus près des besoins de la plante et en fonction de capacité de rétention en eau du sol, via Irrimax 2D.

2) Expertise et mesures mises en place - CRIIAM Sud

- Le CRIIAM Sud participe à l'élaboration du protocole, à des réunions intermédiaires et à des visites de terrain, tout au long du projet, en partenariat avec le GRAB.

Le projet comporte 6 modalités qui seront irriguées par un système goutte-à-goutte. Chaque modalité sera équipée d'une sonde capacitive humidités de 120 cm, de compteurs volumétriques afin de suivre en continu l'humidité dans le sol, de comptabiliser et vérifier les apports en eau. Au total 6 sondes capacitives seront installées, 2 sur l'essai 1A pommier, 2 sondes capacitives seront installées sur l'essai 2A et 2 autres sur l'essai 2B sur culture d'abricotier et de pêcher.

Deux sondes seront achetées par le CRIIAM Sud et 4 sondes seront achetées par le GRAB.

- Le contrôle annuel du réseau d'irrigation au printemps 2023, 2024 et 2025 sur et le système goutte-à-goutte.
- L'exploitation du système de Muntz (les doubles anneaux de Muntz semi-automatisés) mesure l'infiltration de l'eau dans le sol, permettront d'identifier les zones représentatives de la parcelle et les zones d'hétérogénéité. Cette mesure nous permettra de valider le choix des sites de pose des sondes capacitives et des outils de mesures qui seront positionnés sur la parcelle.
- Le CRIIAM Sud fera l'installation des 6 sondes capacitives de 120 cm sur les 3 modalités avec la collaboration du Grab afin de choisir les sites de mesure les plus pertinents et les plus représentatifs de la parcelle.
- Une expertise et un conseil au pilotage de l'irrigation adapté à la modalité. Le pilotage sera optimisé à l'aide de l'outil sonde capacitive Sentek humidité. Ceci nous permettra de tenir compte du besoin en eau de la culture tout au long du cycle pour déclencher l'irrigation au bon moment, en quantité optimale et à la bonne fréquence. Ce conseil à l'irrigation sera noté sur l'interface Humsol une fois/semaine pendant 24 semaines, soit de début mars à fin septembre.
Le pilotage de l'irrigation sur chaque modalité sera déclenché par le chef de culture du GRAB avec l'expertise du CRIIAM Sud.
- L'exploitation du système Irrimax 2D qui permet de visualiser les flux d'eau dans le sol sur la parcelle de pommier en goutte-à-goutte. Cette mesure nécessite la mise en place de 2 sondes

capacitives Sentek, soit une de part et d'autre du goutte-à-goutte. 1 sonde de 60 cm sera mise à disposition par le CRIIAM Sud pour cette mesure.

Le matériel mis à disposition par la société Weenat pour une campagne de mesure en 2023 et 2024 sera un système complet météovision et un kit complet de 6 sondes tensiométriques connectées, via l'interface Weenat, et donnera accès à l'interface Weedriq.

- Le CRIIAM Sud fera une analyse des performances du système météovision proposé par la société Weenat en comparaison avec une station météo du réseau du CRIIAM Sud et de son application smartphone.
- Analyse de la pertinence de la nouvelle application Weedriq proposée par la société Weenat, sur le système goutte-à-goutte pommier. Ce logiciel permet par le calcul de bilan hydrique une prévision des consommations d'eau par la plante, et permet d'extrapoler les consommations de la culture à J+7.
- Un bilan climatique annuel pour chaque année du projet.
- Le SAV des sondes en lien avec la société Agralis, avec dépose et repose des sondes et boîtiers si besoin.
- Des visites de terrain régulières de mai à septembre avec des contrôles du sol à la tarière seront nécessaires pour valider la pratique à suivre, en coordination avec l'expertise des partenaires du projet.

3) Actions mises en place en 2022

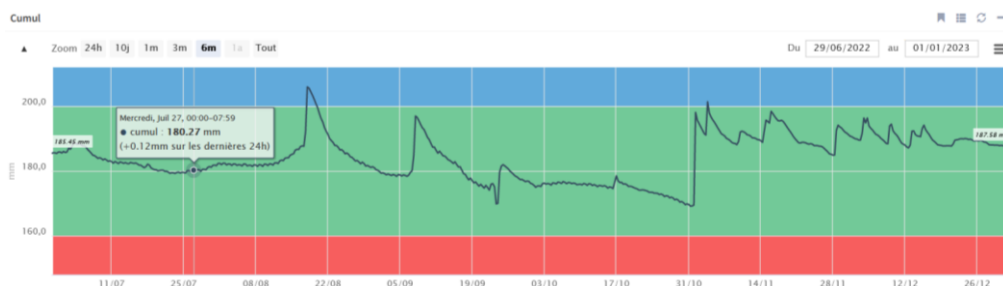
Le CRIIAM Sud a mis en place une sonde capacitive de prêt au Grab qui a eu des problèmes d'équipement de sondes connectées (rupture de matériel par Sud expé), et a interprété la courbe afin de caler les irrigations durant l'été 2022 sur la modalité pomme témoin.

En parallèle le Grab a installé des tensiomètres sur chaque modalité.

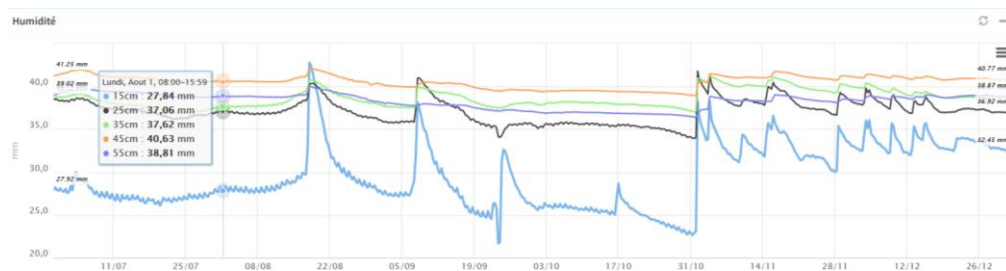
La parcelle est équipée de goutte-à-goutte suspendu de 1.5l/h, esp 0.5 m.

Visualisation des courbes de la sonde Sentek 60 cm.

La modalité témoin a été irriguée journalièrement avec un temps d'irrigation de 1h30 soit avec une pluviométrie d'installation estimée à 1.5 mm/h.



L'humidité cumulée durant l'été est restée assez stable autour des 180 mm. Les pluies marquent de grands pics le 18 août et le 08 septembre.



La pose de la sonde a été faite le 29 juin, le sol était déjà séchant et compact, le capteur 5 cm n'a pas été suffisamment enfoncé dans le sol, il a été retiré de la mesure d'humidité.

Les mesures d'humidité sont comprises entre 27 et 37 mm sur les capteurs 15cm - 35 cm (soit 10 à 25 cm de profondeur) ; Cette humidité représente une humidité de confort, ce qui est adapté aux besoins d'une jeune plantation en période chaude estivale.



Les températures de sol sont restées entre 25°C et 30°C sur l'ensemble des capteurs (le capteur 5 cm représente la température air).

Perspectives 2023 :

Les mesures se poursuivront en 2023 avec des sondes capacitatives de 120 cm, sur 2 modalités et de la tensiométrie sur la dernière modalité.

L'installation sera testée en débit et pression afin de vérifier son bon fonctionnement et son uniformité d'irrigation.

Le Criiam Sud sera partenaire en 2023 pour le conseil et l'expertise de l'irrigation sur les 6 modalités.



Centre de Ressource et d'Innovation pour
l'Irrigation et l'Agrométéorologie en région Sud

ECEAUPLANT 2023

Bilan climatique 2023

Le CRIIAM Sud dispose d'une station météo sur le site du GRAB Avignon, mais avec peu d'années d'historique (*début des relevés sur ce site : 01/01/2021*).

La station INRAe Avignon, proche du GRAB, sera donc utilisée pour analyser le climat 2023 par rapport aux années passées (*analyse statistique depuis 1961*).

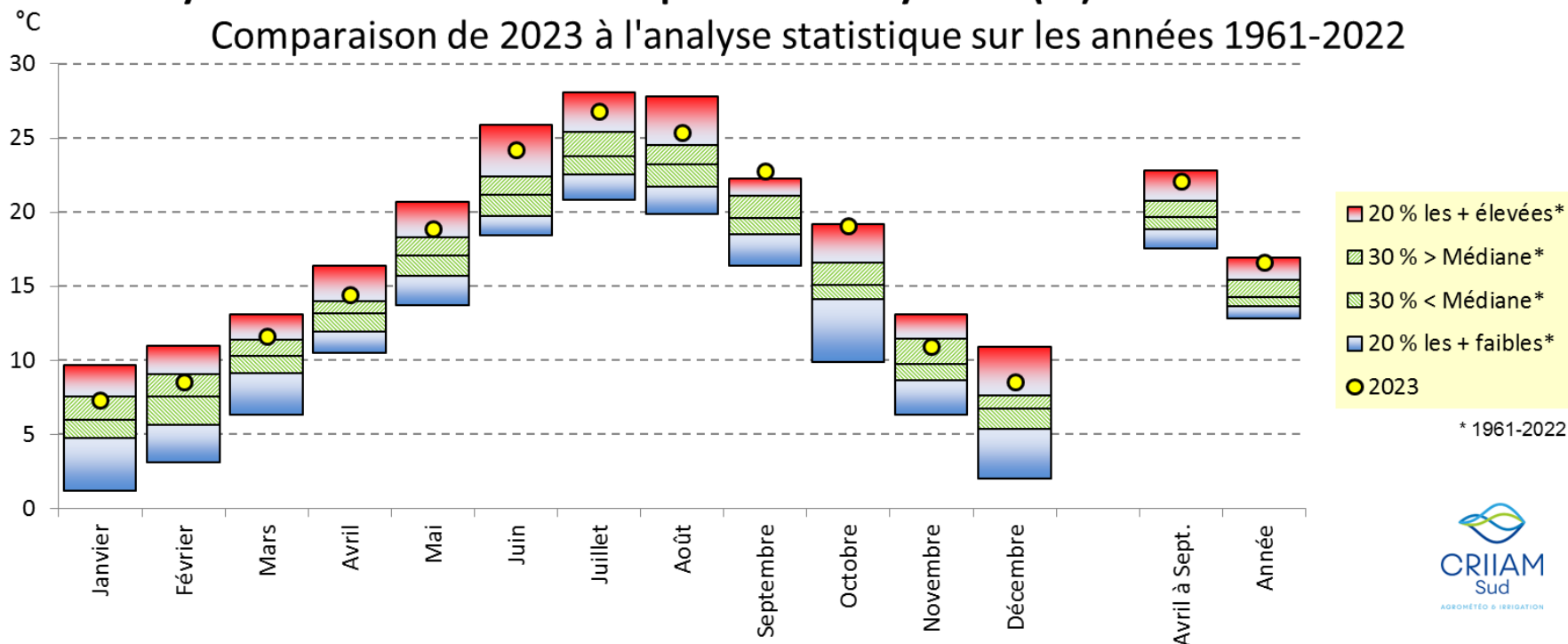
Comparaison des données climatiques sur la **période d'avril à septembre** :

2023	INRAe	GRAB	GRAB/INRAe
Moy Tmini (°C)	15°5	14°7	- 0°8
Moy Tmaxi (°C)	28°6	29°0	+ 0°4
Moy Tmoy (°C)	22°1	21°9	- 0°2
Rg (J/cm ²)	2374	2343	- 1 %
Vent (hm/j)	1723	837	- 51 %
Précipitations (mm)	117,5	139,6	+ 19 %
ETP (mm/j)	5,2	4,5	- 14 %
Moy Hr mini (%)	32	35	+ 3 %
Moy Hr moy (%)	85	94	+ 9 %
Moy Hr moy (%)	59	65	+ 6 %

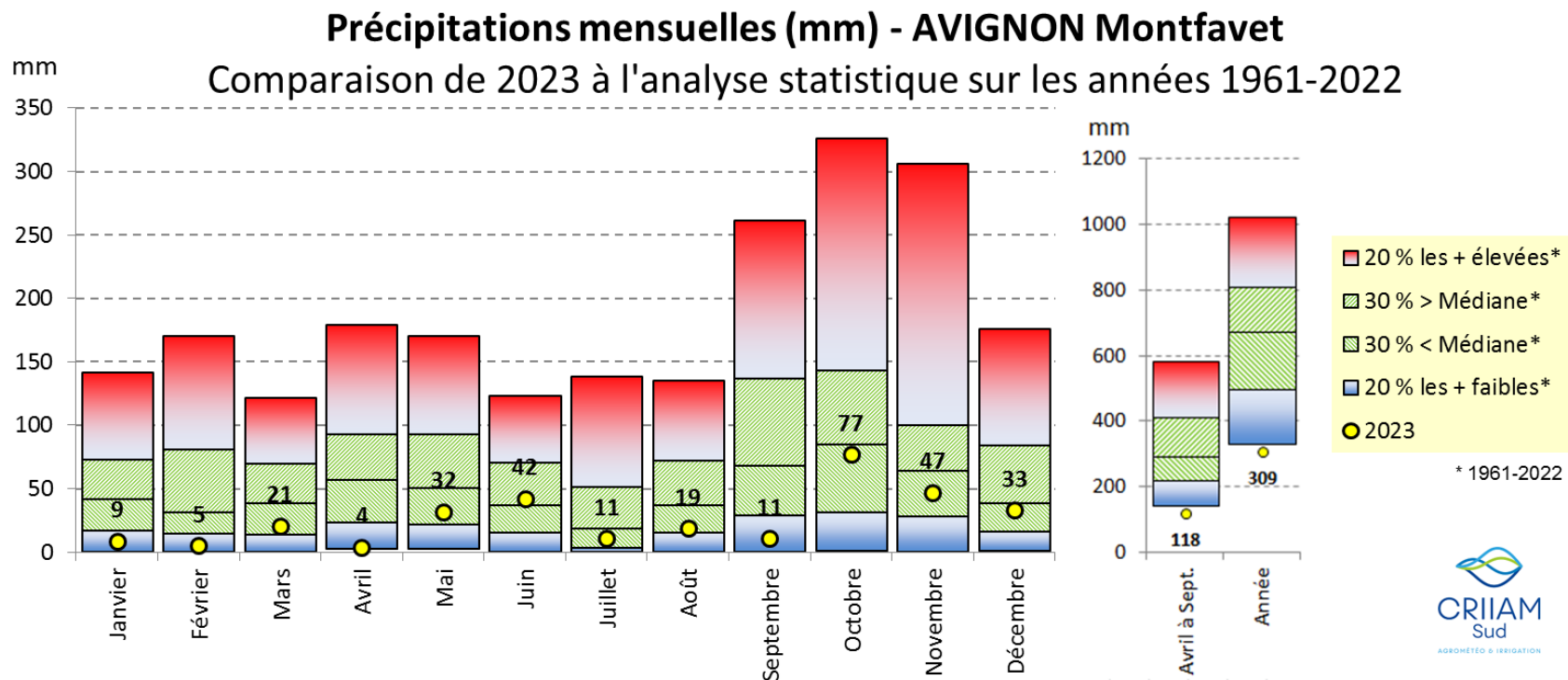
La station du GRAB, plus à l'abri du vent que celle de l'INRAe, est plus froide la nuit, plus chaude le jour et plus « humide » : les ETP y sont donc plus faibles.

Moyennes mensuelles des températures moyennes (°C) - AVIGNON Montfavet

Comparaison de 2023 à l'analyse statistique sur les années 1961-2022



Tous les mois de l'année 2023 enregistrent des températures moyennes bien supérieures aux médianes des années 1961-2022. Septembre enregistre un nouveau de record de douceur. Octobre, la période d'avril à septembre, ainsi que l'année, se positionnent en 2nde position des années les plus chaudes, après 2022.

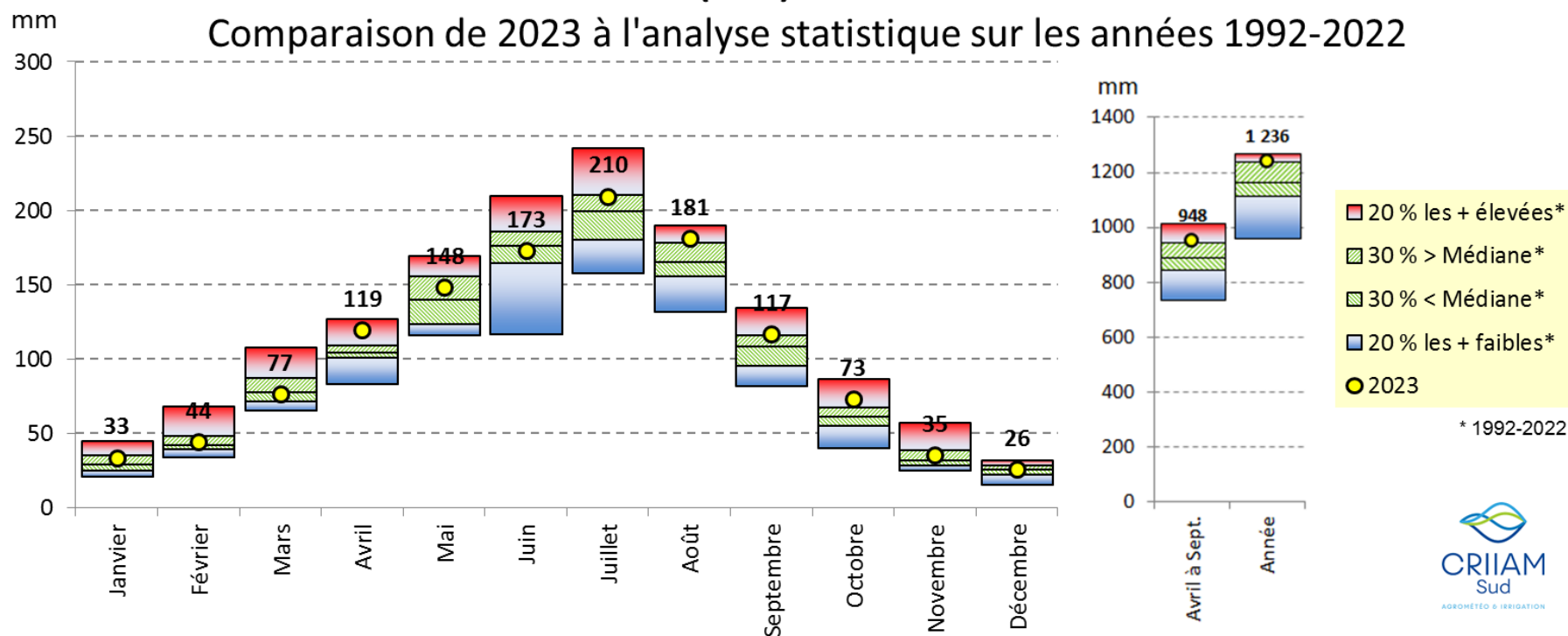


Jamais, depuis 1961 (et même 1871), le cumul annuel de précipitations n'avait été aussi faible qu'en 2023 à Avignon Montfavet.

Seul le mois de juin enregistre un cumul supérieur à la médiane des années 1961-2022.

ETP mensuelles (mm) - AVIGNON Montfavet

Comparaison de 2023 à l'analyse statistique sur les années 1992-2022

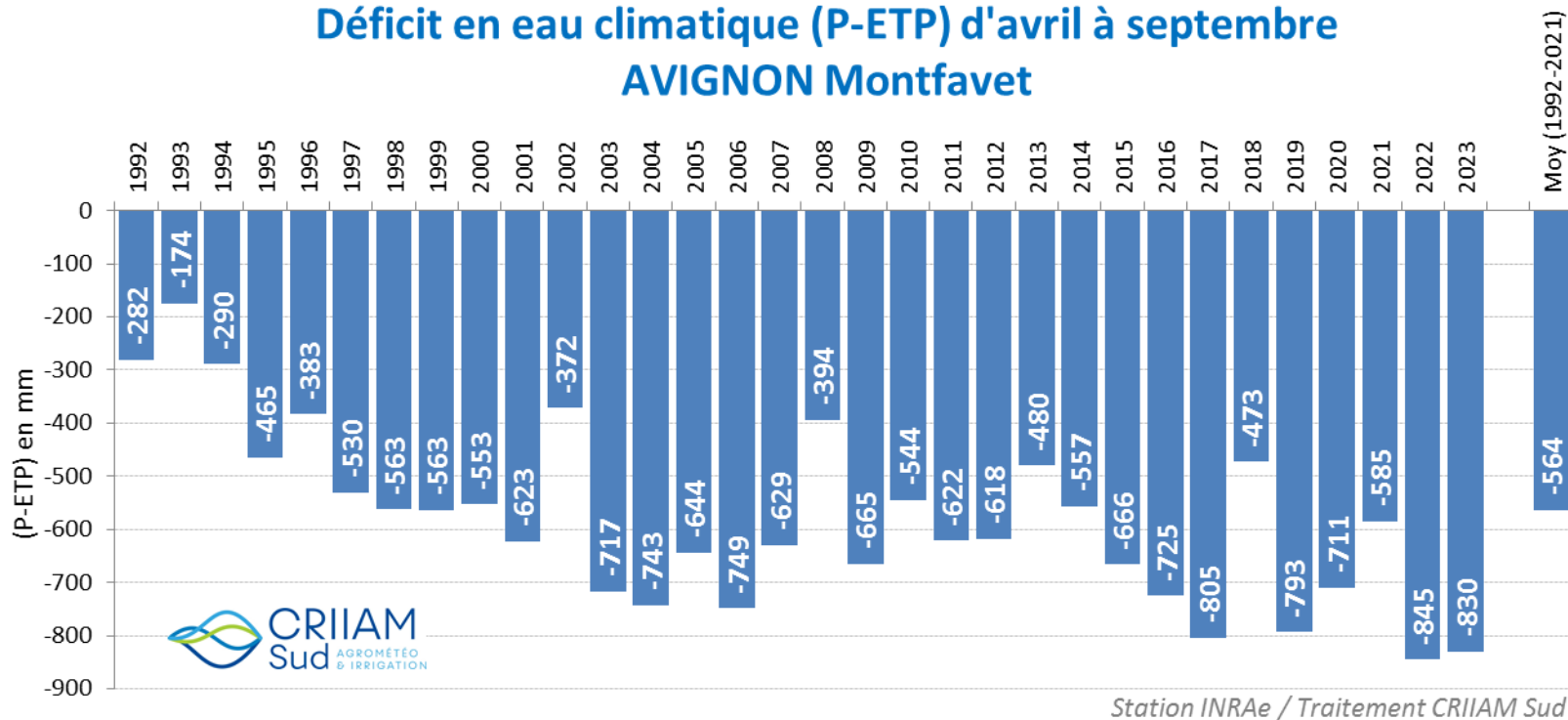


En 2023, seules les ETP de mars et juin sont plus faibles que les médianes enregistrées sur les années 1992-2022.

Depuis 1992, seules 5 années ont enregistré des ETP plus élevées que 2023 sur la période d'avril à septembre, 2022 détenant le record avec 1014 mm (948 mm en 2023) .

Déficit en eau climatique 2023

Déficit en eau climatique (P-ETP) d'avril à septembre AVIGNON Montfavet



Sur la période d'avril à septembre, il manque généralement 564 mm de pluies sur Avignon pour compenser l'ETP. En 2023, le déficit est de 830 mm : seule l'année 2022 a enregistré un déficit plus important.

Nous venons donc de connaître 2 années consécutives particulièrement « sèches » sur la période d'avril à septembre.

Pilotage de l'irrigation

Sondes installées en 2023

Le CRIIAM Sud a installé 4 sondes capacitives connectées Sentek de 120 cm de long (2 du GRAB + 2 du CRIIAM Sud), le 3 mai 2023, sur les modalités :

- Abricot confort
- Abricot restreint
- Pomme confort
- Pomme restreint

L'aide au pilotage de l'irrigation est effectué via la plateforme Humsol.

Chaque début de semaine :

- le GRAB enregistre les relevés de compteur sur un fichier excel partagé.
- le CRIIAM Sud rédige un conseil en se basant sur les relevés des sondes.

Des sondes tensiométriques Weenat ont également été installées sur la modalité « Pomme confort » le 6 avril 2023.

Un équipement BRAD a été mis en place le 30 novembre 2023.

Les Monitors installés sur l'autre parcelle d'abricotiers n'ont pas été suivis par le CRIIAM Sud en 2023 (installations par ? le 18 avril sur confort et le 27 mai sur restreint).

Suivis Humsol 2023 - Abricot

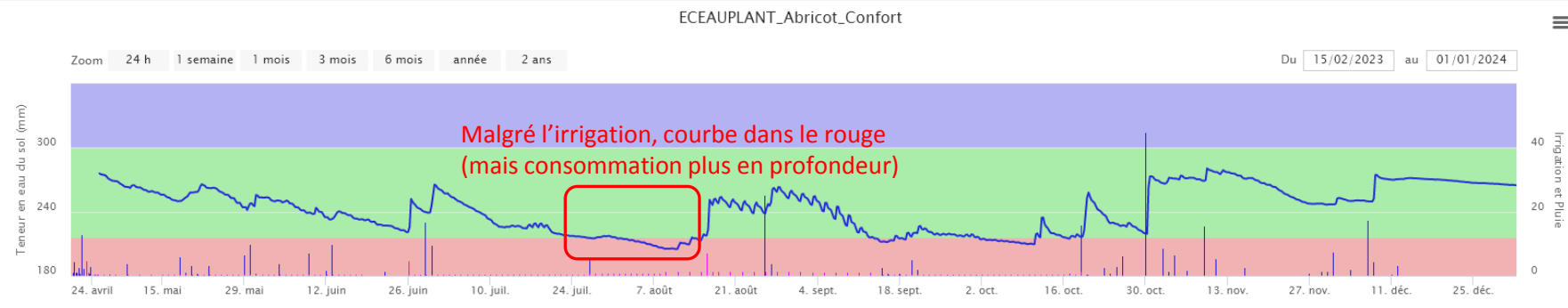
ECEAUPLANT_Abricot_Confort (84) - ECEAU_Abricot_Confor - DRILL & DROP

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1chpml1Za0JsAVhz-0xky2zYC2dbsfWSXVYEPD8u9qfU/edit?usp=sharing>

Exporter en PDF

Accueil > Mes données de sol

Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 0-70 cm



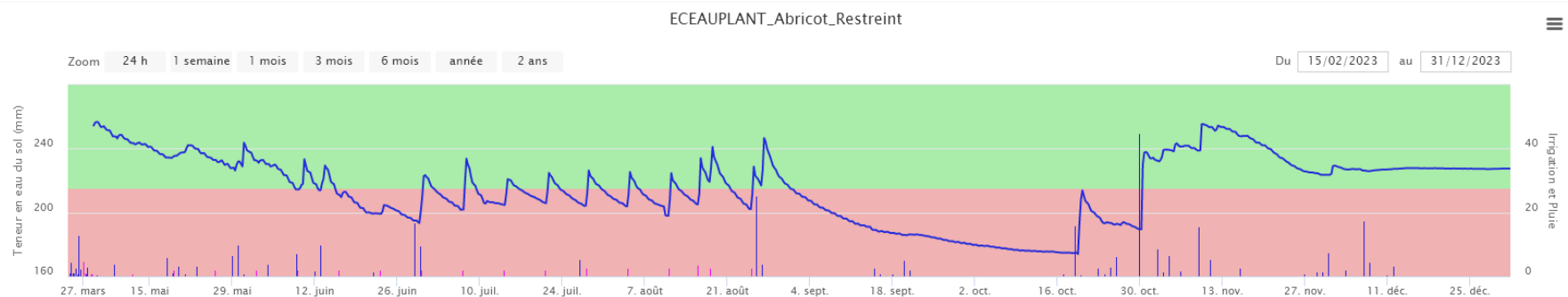
ECEAUPLANT_Abricot_Restreint (84) - ECEAU_Abricot_Restre - DRILL & DROP

Abricotier sur Pecher. RESTREINT. Rang H arbre 6. Plantation sous forme d ?il dormant en mars 2023. Sonde Drill&Drop installée le 3 mai 2023 à 20 cm de l arbre et 15 cm du goutteur

Exporter en PDF

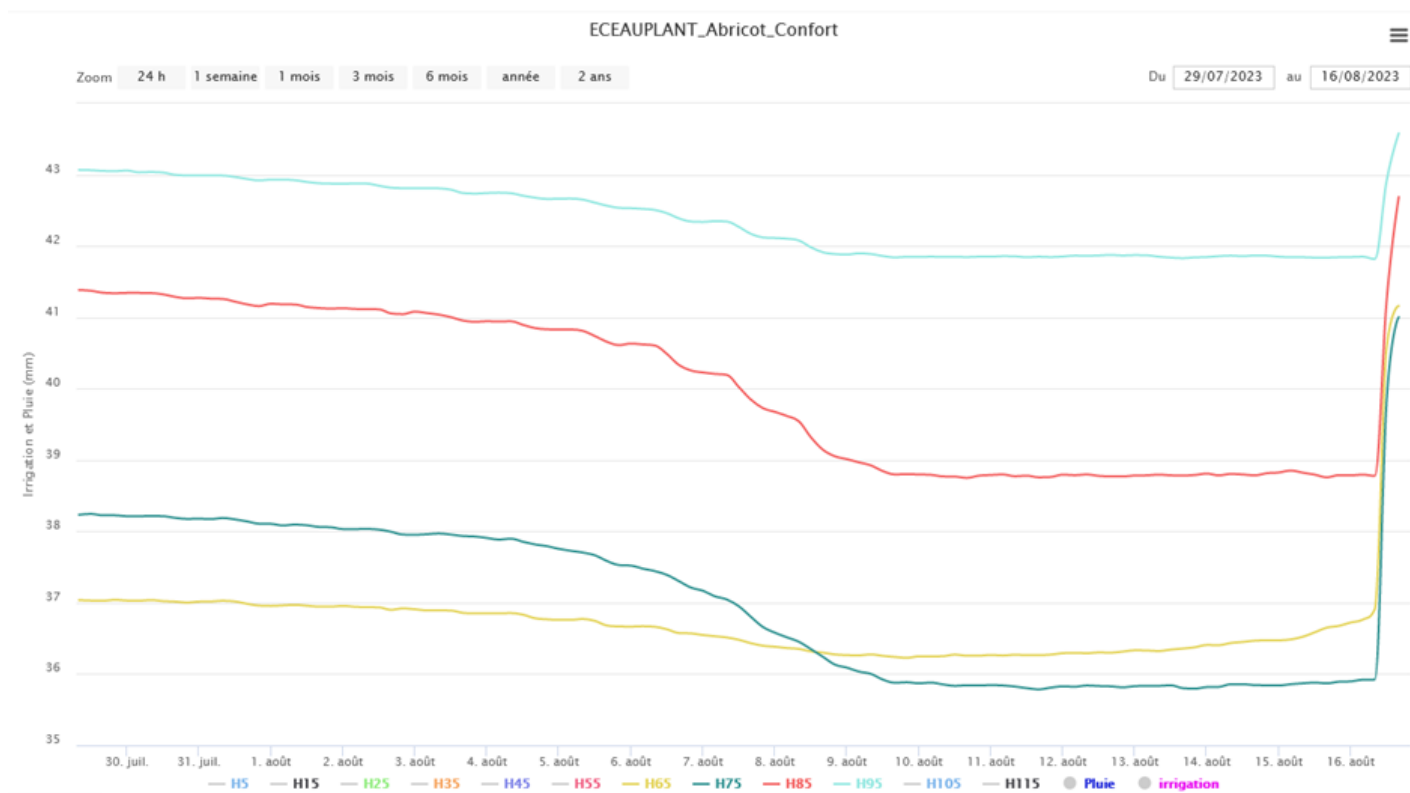
Accueil > Mes données de sol

Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 0-70 cm



Seuils définis pour les 4 modalités, le 23/05/23 : 215/300 mm. Seuils à revoir ?

Visualiser les racines actives...



Sur la plateforme Humsol, l'analyse fine de certaines courbes, par des zooms et des sélections de courbes à afficher, permettent de bien voir à quelles profondeurs des racines sont actives, avec des marches de consommation bien visibles, comme ici début août 2023, sur Abricot « confort », en dessous de 60 m de profondeur.

Suivis Humsol 2023 - Pomme

ECEAUPLANT_Pomme_Confort (84) - ECEAU_Pomme_Confort - DRILL & DROP

Pommier. CONFORT. Rang F arbre 9. Plantation sous forme de greffe sur table en avril 2022. Sonde Drill&Drop installée le 3 mai 2023 à 20 cm de l'arbre et 20 cm du goutteur

Exporter en PDF

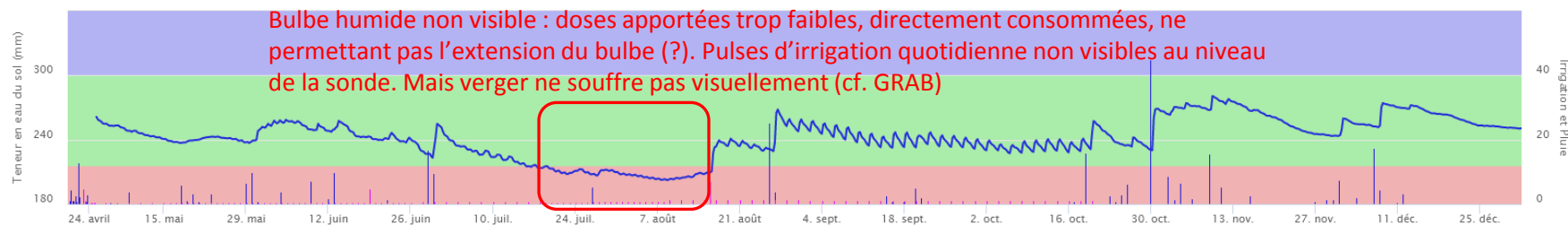
Accueil > Mes données de sol

Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 0-70 cm

ECEAUPLANT_Pomme_Confort

Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois année 2 ans

Du 15/02/2023 au 01/01/2024



ECEAUPLANT_Pomme_Restreint (84) - ECEAU_Pomme_Restre - DRILL & DROP

Pommier. RESTREINT. Rang H arbre 10. Plantation sous forme de greffe sur table en avril 2022. Sonde Drill&Drop installée le 3 mai 2023 à 20 cm de l'arbre et 20 cm du goutteur

Exporter en PDF

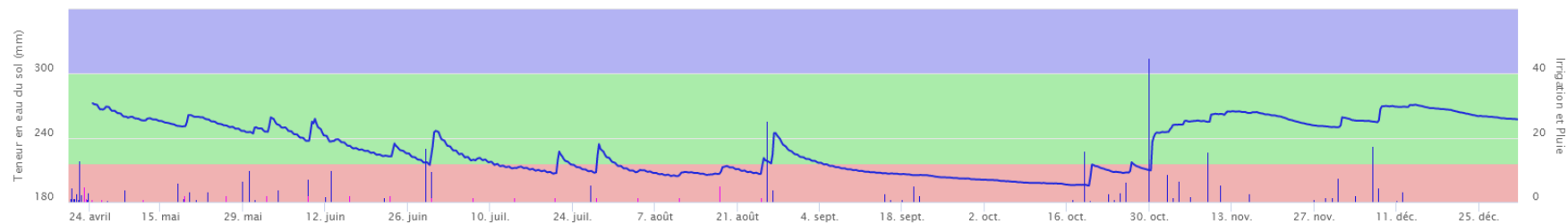
Accueil > Mes données de sol

Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 0-70 cm

ECEAUPLANT_Pomme_Restreint

Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois année 2 ans

Du 15/02/2023 au 31/12/2023



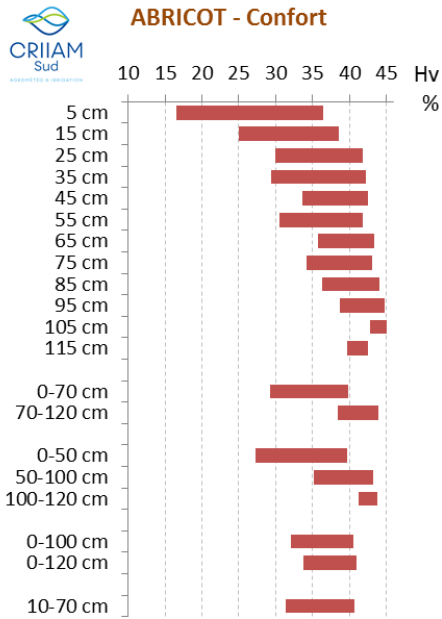
Teneurs en eau extrêmes mesurées par horizon en 2023

Les graphiques ci-dessous permettent de constater quelle a été la « contribution en eau du sol » au cours de l'année 2023, pour chaque profondeur ou horizon de sol donné.

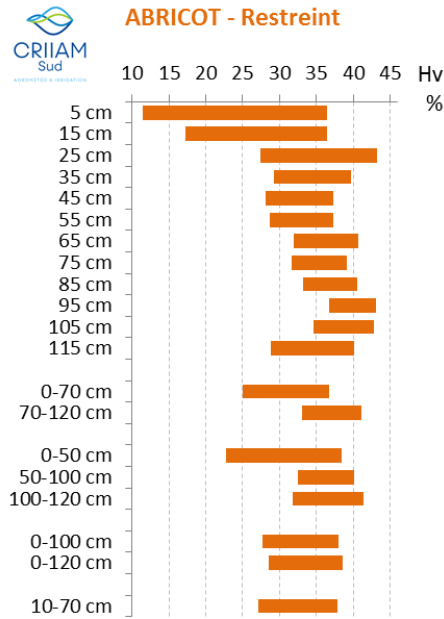
On voit ainsi que les horizons de surface sont ceux qui se sont le plus asséchés.

Les horizons profonds ont été plus sollicités sur les modalités « restreint » que sur les « confort » : certainement des racines qui sont descendues plus profondément.

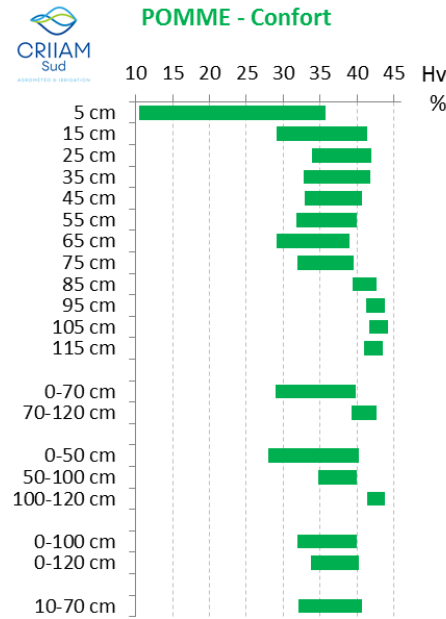
ECEAUPLANT - 2023
Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon
ABRICOT - Confort



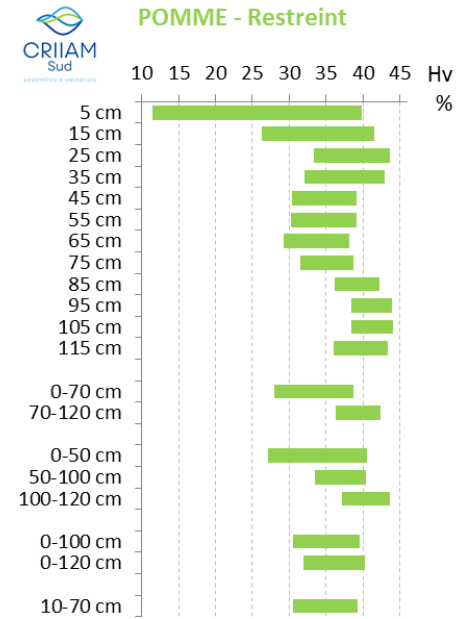
ECEAUPLANT - 2023
Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon
ABRICOT - Restreint



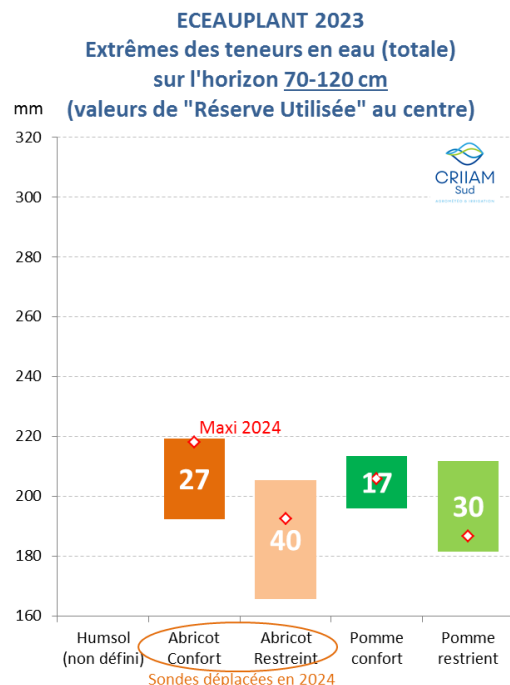
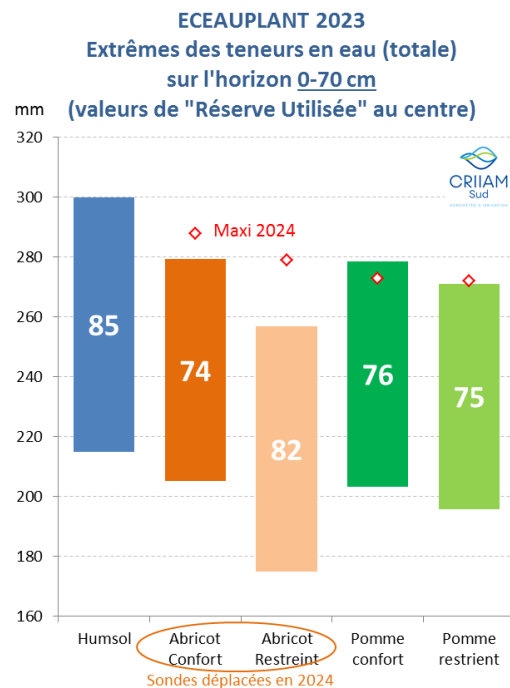
ECEAUPLANT - 2023
Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon
POMME - Confort



ECEAUPLANT - 2023
Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon
POMME - Restreint

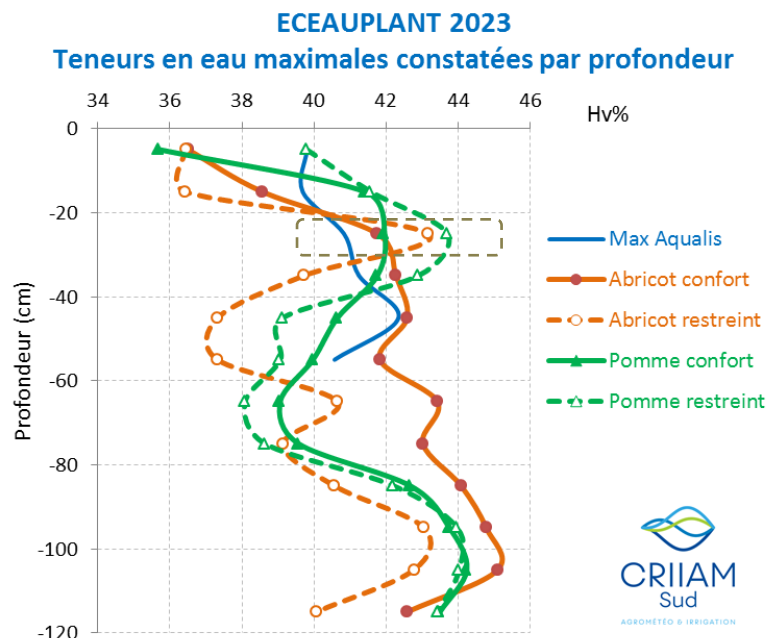


Teneurs en eau extrêmes mesurées par horizon en 2023 (+ maxi 2024)



Variabilité des extrêmes constatés entre modalités, mais estimation Humsol trop élevée (horizon 0-70 cm), aussi bien pour la valeur maxi que la valeur mini.
Abricot « restreint » serait celui qui a le plus exploité le sol, mais avec des niveaux d'humidité du sol plus faibles.

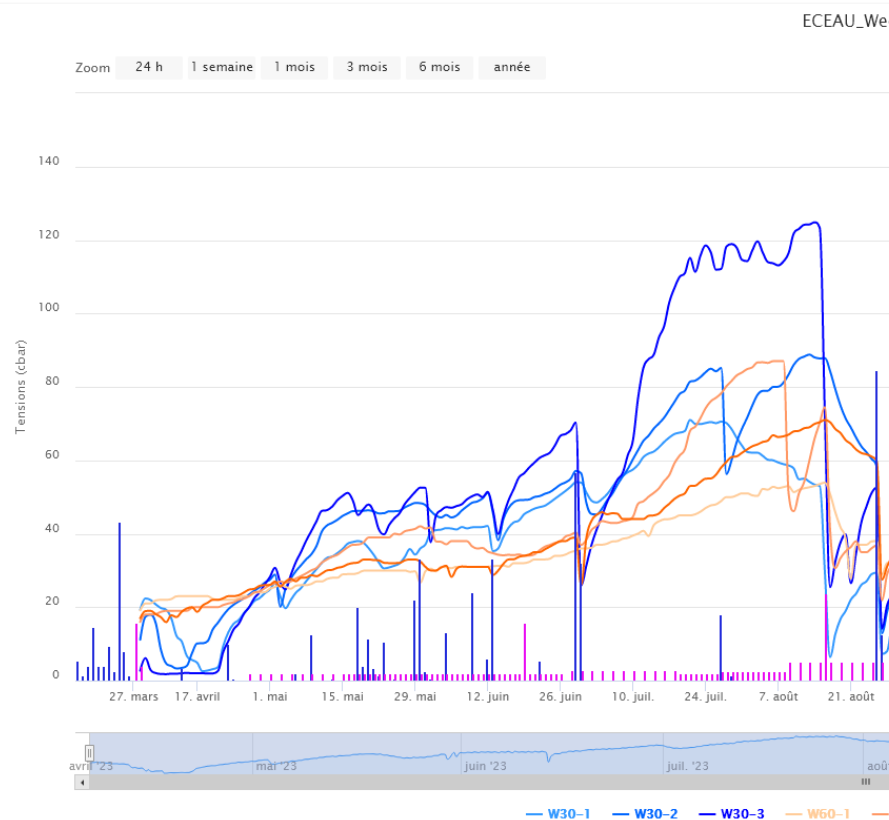
Installation le 2 février 2024 d'une sonde capacitive de 60 cm dont le sol a été « noyé » à plusieurs reprises.
On observe (graph ci-contre – courbe bleue) des humidités « cohérentes » avec les autres sondes, excepté à 25 cm de profondeur où la teneur reste plus faible sur cette nouvelle sonde : sur les modalités irriguées au goutte à goutte, on a certainement mesuré des valeurs > HCC au niveau du bulbe humide.



Suivis Weenat 2023

Plateforme Weenat à droite (doses d'irrigation pas toutes saisies),
Humsol ci-dessous (il manque encore la récupération automatique des données et l'affichage des courbes « médianes »).

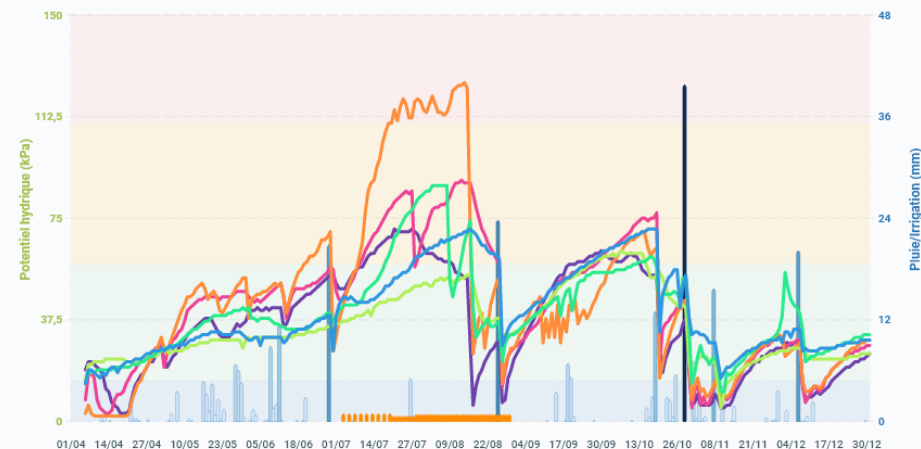
TENSIONS Détails des différentes profondeurs



État hydrique - Tensiomètres kPa

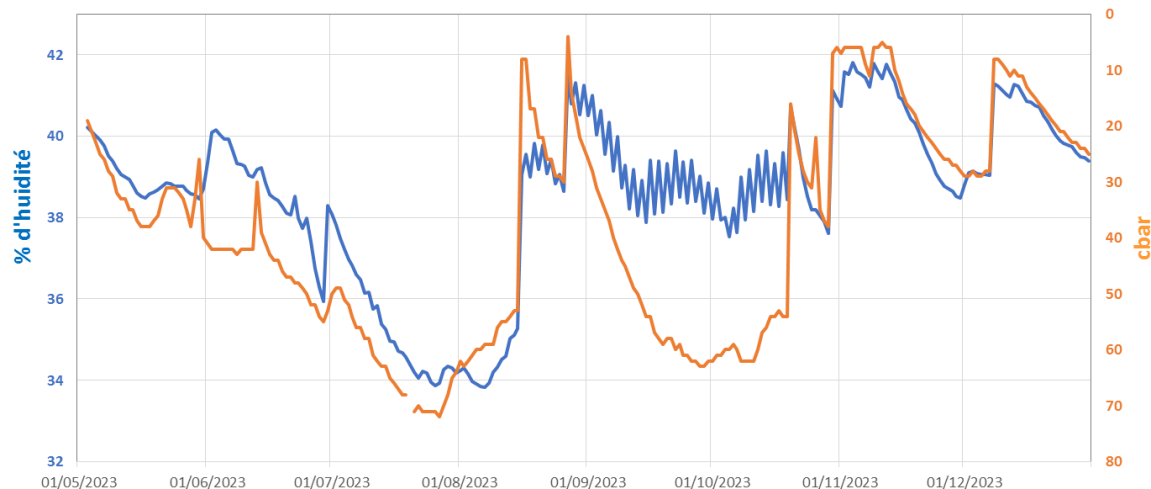
● L400425 ● L40042B ● L40042E ● L400443
● L400468 ● L400469

Pluie mm			Irrigation mm		
Cumul	Min	Max	Cumul	Min	Max
274	0	39,7	38,8	0,6	0,9
● hors prévision			● hors prévision		



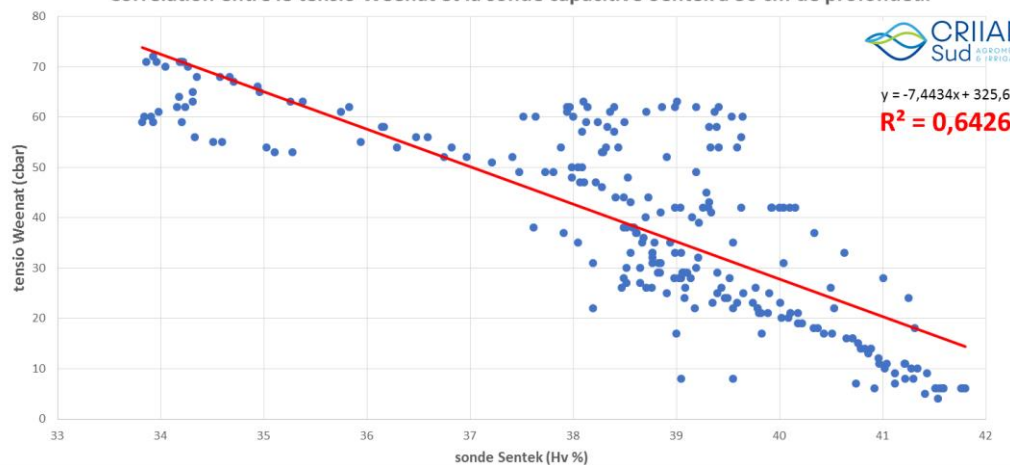
Comparaisons sondes Sentek / Weenat 2023 – 30 cm de profondeur

Comparaison des courbes des tensiomètres et des sondes capacitives de l'essai
écauplant sur la modalité pomme confort à 30 cm

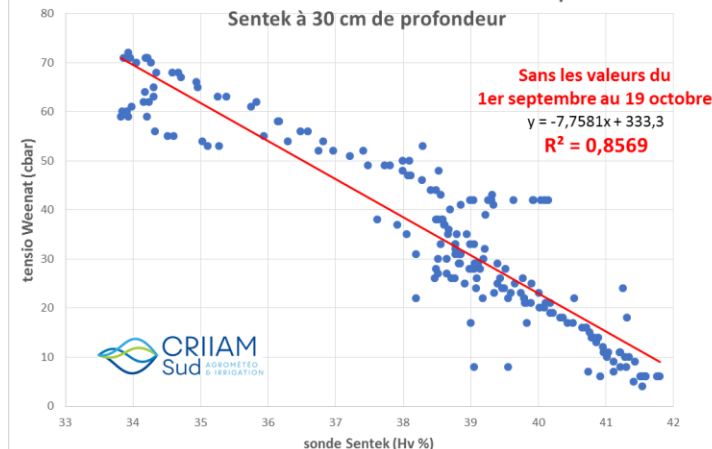


Evolution des courbes assez
proche, sauf de début
septembre à mi-octobre (!)

ECEAUPLANT - Modalité "pomme confort" - 2023
Correlation entre le tensio Weenat et la sonde capacitive Sentek à 30 cm de profondeur

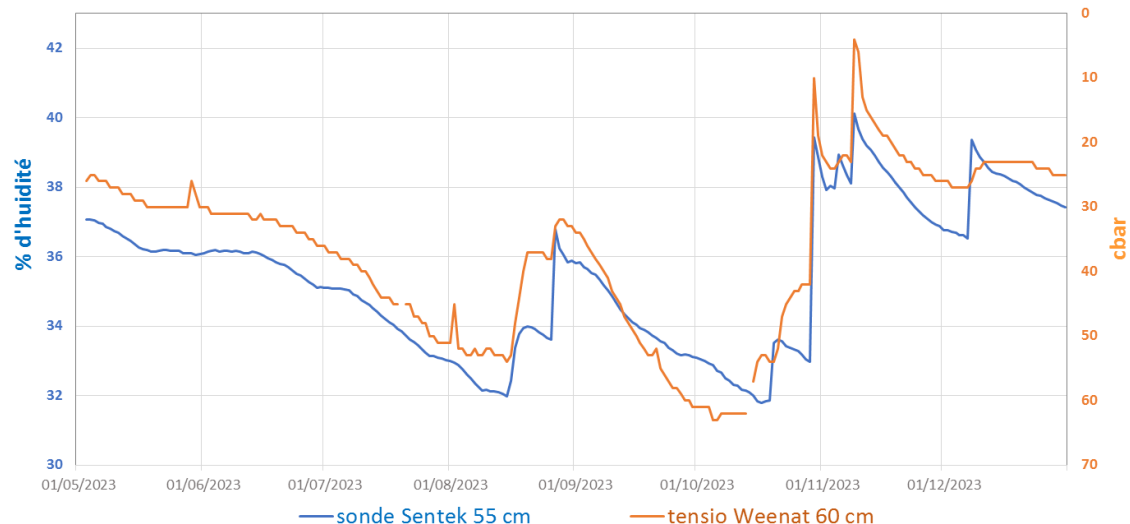


ECEAUPLANT - Modalité "pomme confort" - 2023
Correlation entre le tensio Weenat et la sonde capacitive
Sentek à 30 cm de profondeur



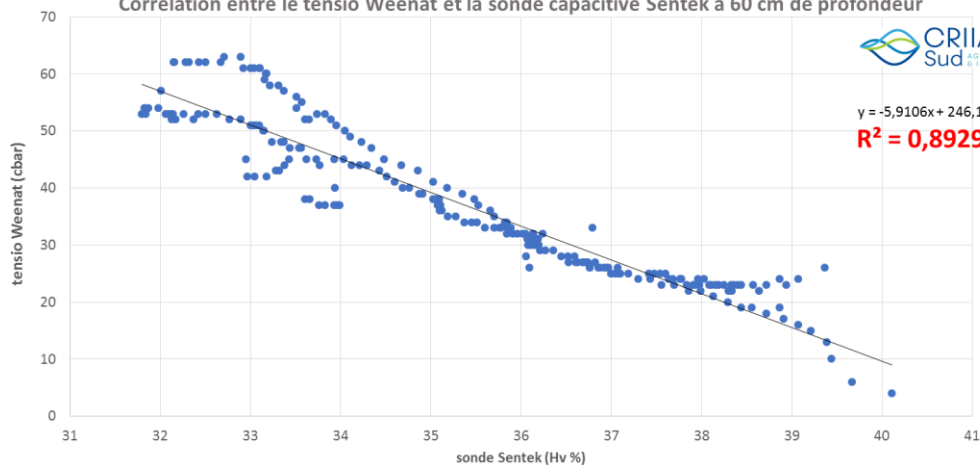
Comparaisons sondes Sentek / Weenat 2023 – 60 cm de profondeur

Comparaison des courbes des tensiomètres et des sondes capacitives de l'essai éceauplant sur la modalité pomme confort à 60 cm



Meilleure corrélation à 60 cm de profondeur qu'à 30 cm.

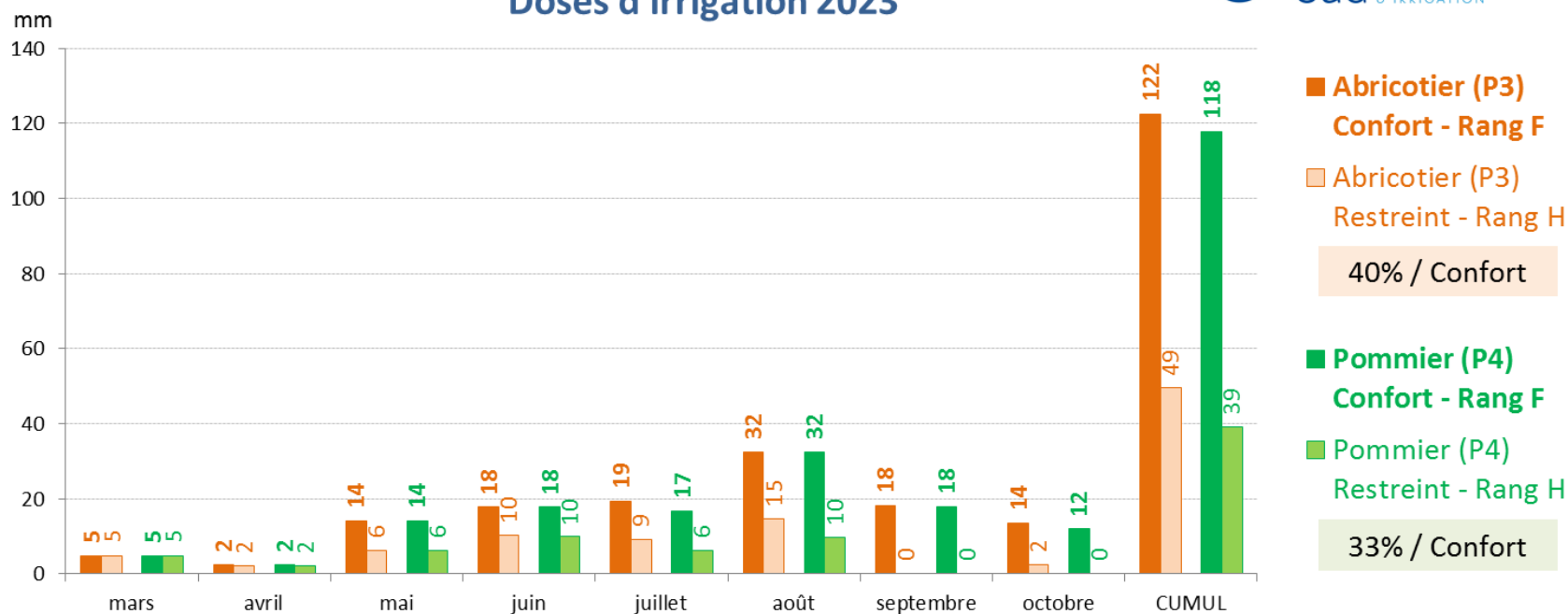
ECEAUPLANT - Modalité "pomme confort" - 2023
Corrélation entre le tensio Weenat et la sonde capacitive Sentek à 60 cm de profondeur



Doses d'irrigation 2023

Sur les modalités « confort », les apports ont été fait au quotidien. Sur les modalités « restreint », les apports se font généralement le vendredi (≈ 50 % des quantités « confort »).

ECEAUPLANT Doses d'irrigation 2023

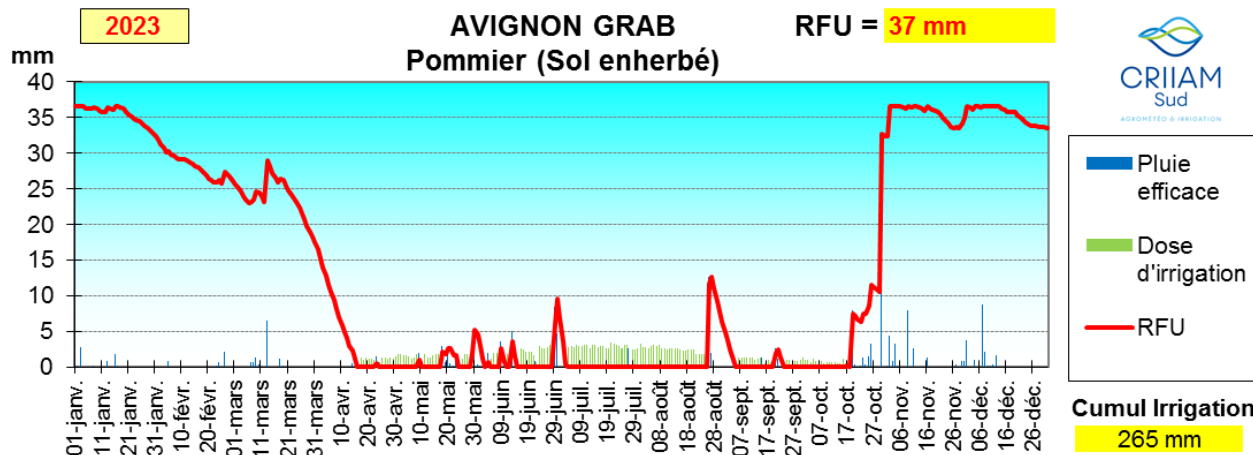
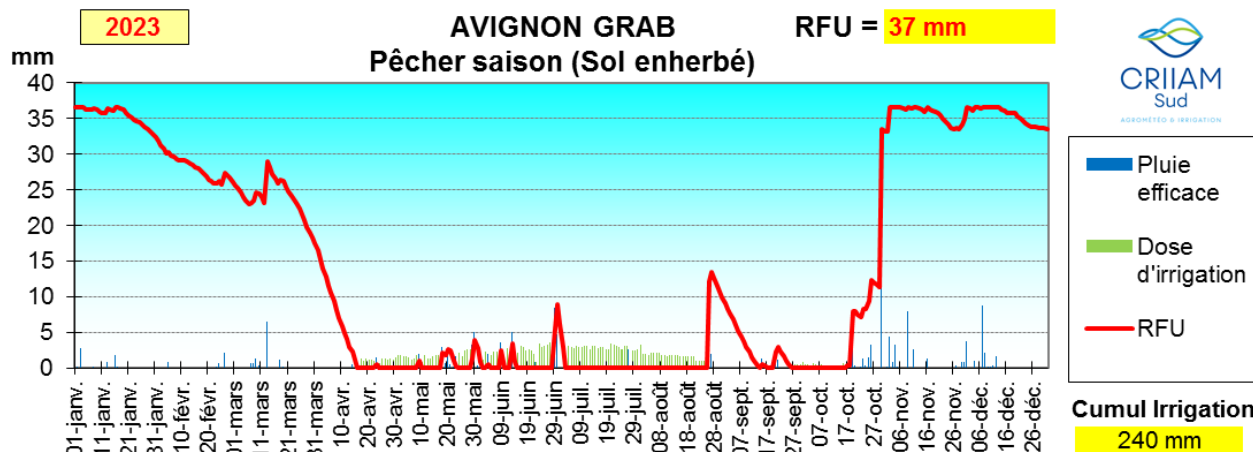


Sur les modalités « restreint », les irrigations ont pris fin le 25 août (excepté 2 mm apportés le 20 octobre sur abricot pour lutter contre les nématodes) .

Sur la saison, par rapport au « confort » : restriction de 60 % sur Abricotier et de 67 % sur Pommier !

Bilans hydriques calculés

Bilans hydriques calculés avec les données climatiques (pluies/ETP) de la station météo « GRAB ».



RU = 110 mm/m
Profondeur de sol = 50 cm
RU = 55 mm

RFU = 37 mm (= 2/3 RU)

Pluies efficaces = 50 % des pluies recueillies au pluviomètre (30 mm max/j) car les racines n'exploitent pas (encore) toute la superficie du sol.

Kc = 50 % de ceux appliqués pour **vergers adultes** en irrigation par aspersion (prolongés jusqu'au 20 octobre)

Doses apportées / bilans hydriques calculés

Doses apportées par rapport aux données calculées par bilan hydrique.

2023 IRRIGATION (mm)	Abricot		
	Apports réalisés		BH calculé
	Confort	Restreint	(Jeune Pêcher)
mars	4,7	4,7	0,0
avril	2,4	2,2	15,7
mai	14,2	6,2	36,6
juin	17,7	10,4	54,9
juillet	19,3	9,0	79,8
août	32,4	14,6	42,0
septembre	18,2	0,0	3,7
1 au 20 octobre	13,6	2,4	7,1
Cumul	122,4	49,5	239,8
% / BH Calculé	51%	21%	

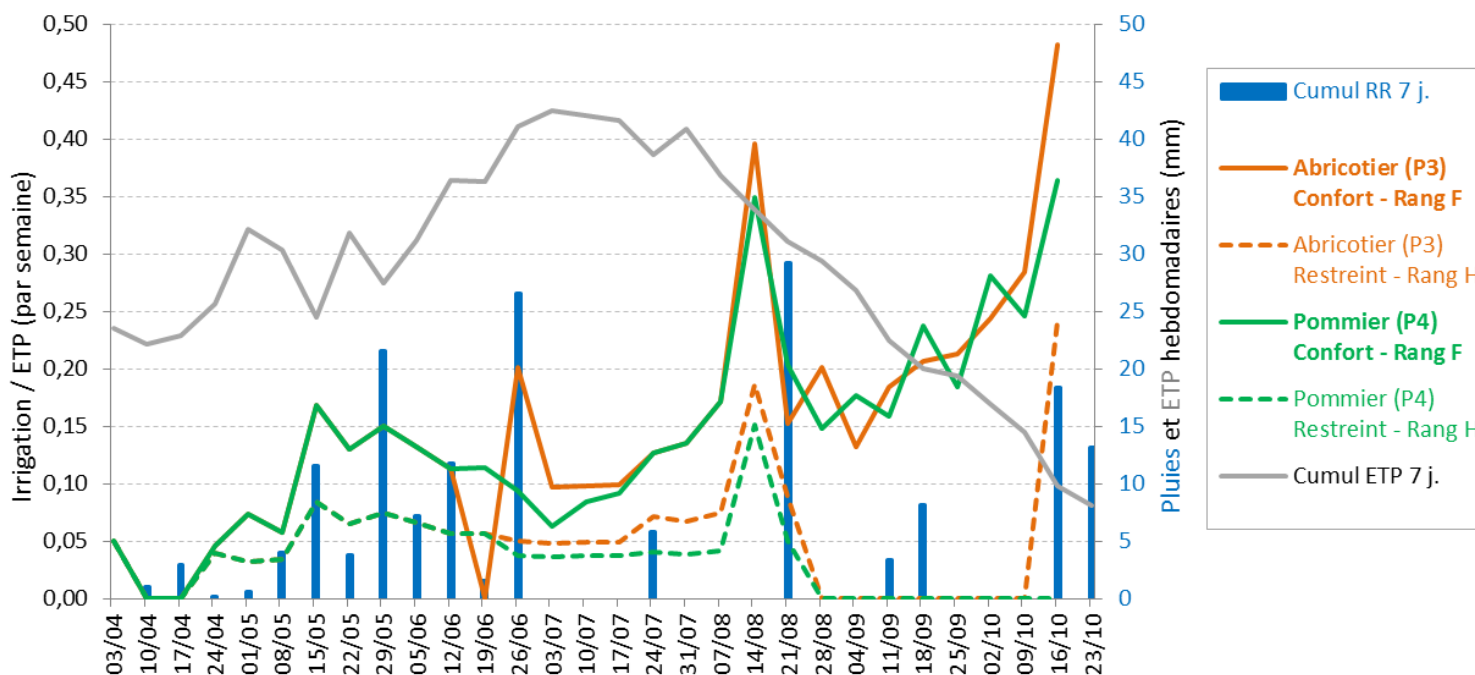
Pomme		
Apports réalisés		BH calculé
Confort	Restreint	(Jeune Pommier)
4,7	4,7	0,0
2,4	2,2	15,7
14,2	6,2	31,6
17,7	9,8	42,6
16,7	6,2	79,2
32,4	9,8	61,6
17,9	0,0	21,8
11,9	0,0	12,5
117,8	39,0	265,0
44%	15%	

Les doses apportées sont très faibles par rapport aux doses calculées par bilan hydrique. Le « confort » serait-il déjà restreint ? Le verger n'a visuellement pas souffert.

Sans doute faut-il encore « réajuster » les données d'entrée du bilan hydrique, en diminuant encore les K_c (?).

Si le calcul de bilan hydrique est effectué avec les K_c pour de l'abricotier en sol nu, la dose d'irrigation calculée pour 2023 est de 121 mm (proche de ce qui a été apporté en confort).

ECEAUPLANT 2023
Bilan hebdomadaire des irrigations / ETP

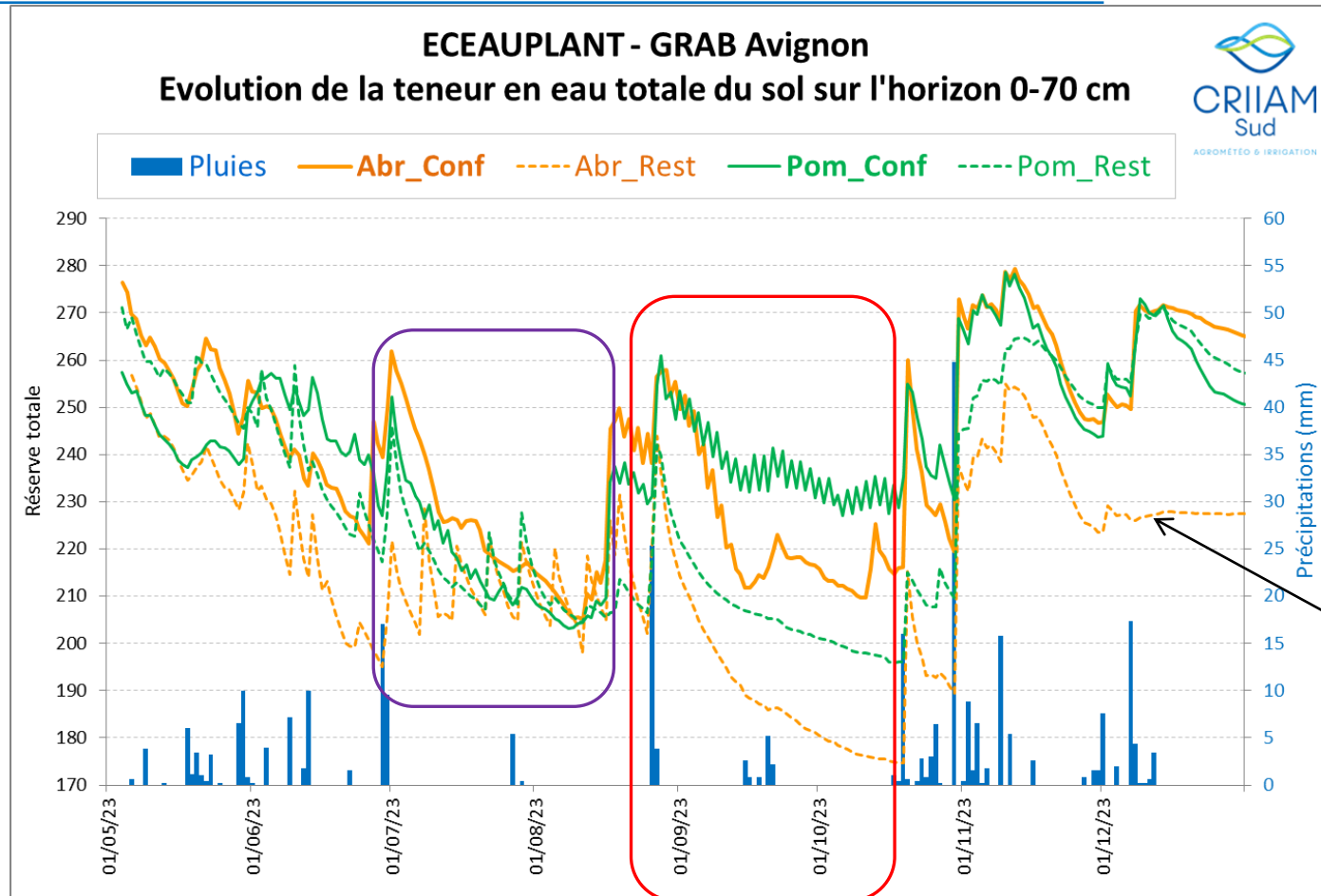


D'avril à mi-octobre 2023, jamais les pluies hebdomadaires n'ont permis de compenser l'ETP (histogramme bleu toujours en dessous de la courbe grise).

Jusqu'à début août, les irrigations ont représenté moins de 15 % de l'ETP en confort (sauf problème de vanne restée fermée sur abricot la semaine du 19 juin), et moins de 8 % en restreint.

C'est au cours de la semaine du 14 août que les 35 à 40 % de l'ETP sont atteints en irrigation, puis en toute fin de saison (besoins en irrigation particulièrement tardifs).

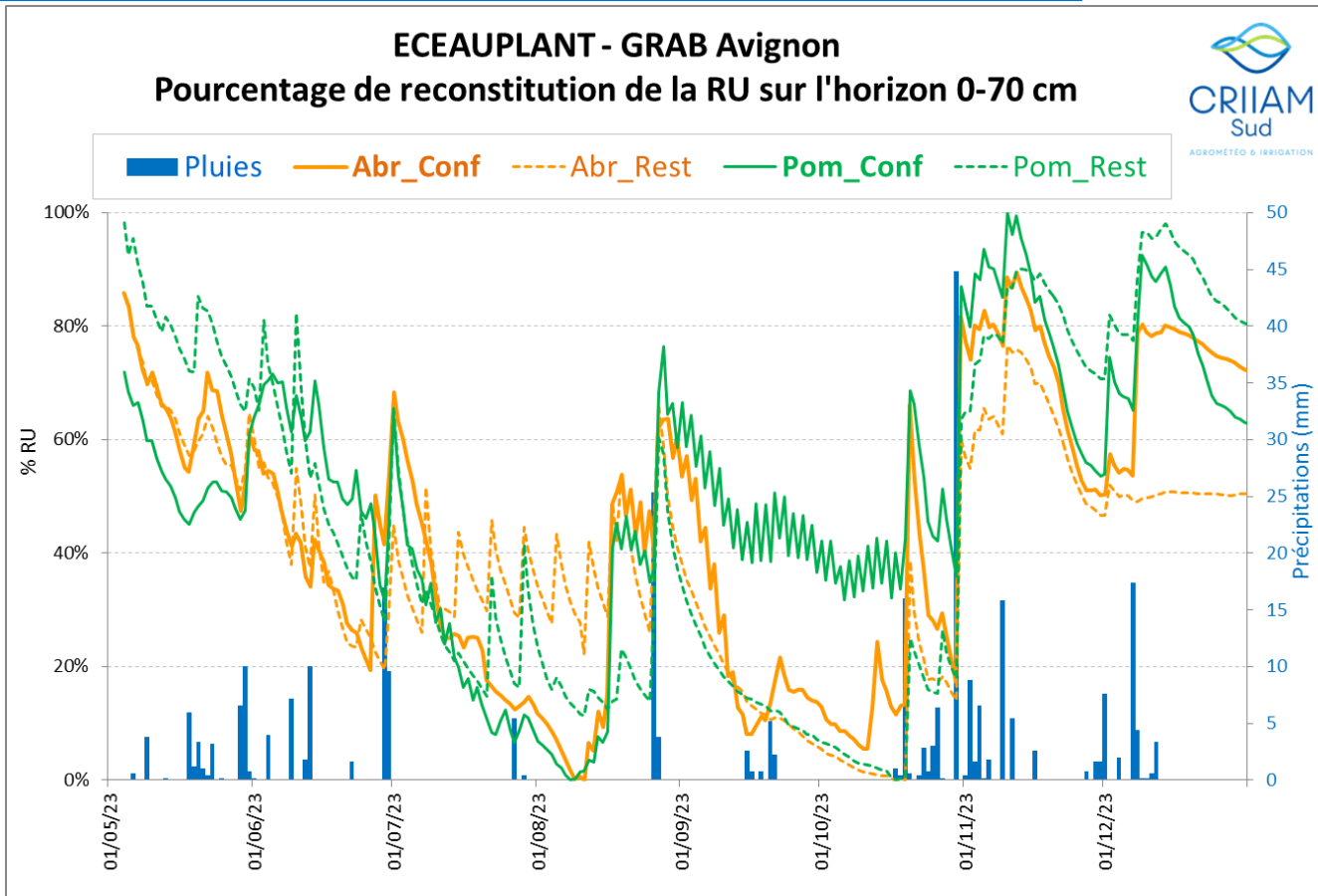
Comparaison des courbes entre modalités - 2023



Compte-tenu du rythme d'irrigation, les humidités sont parfois plus importantes sur « restreint » que sur « confort »

Arrêt des irrigation sur « restreint » le 25 août : les teneurs en eau du sol baissent fortement. En confort, les doses d'apport ne compensent pas toujours les besoins en eau du verger (courbes à la baisse).

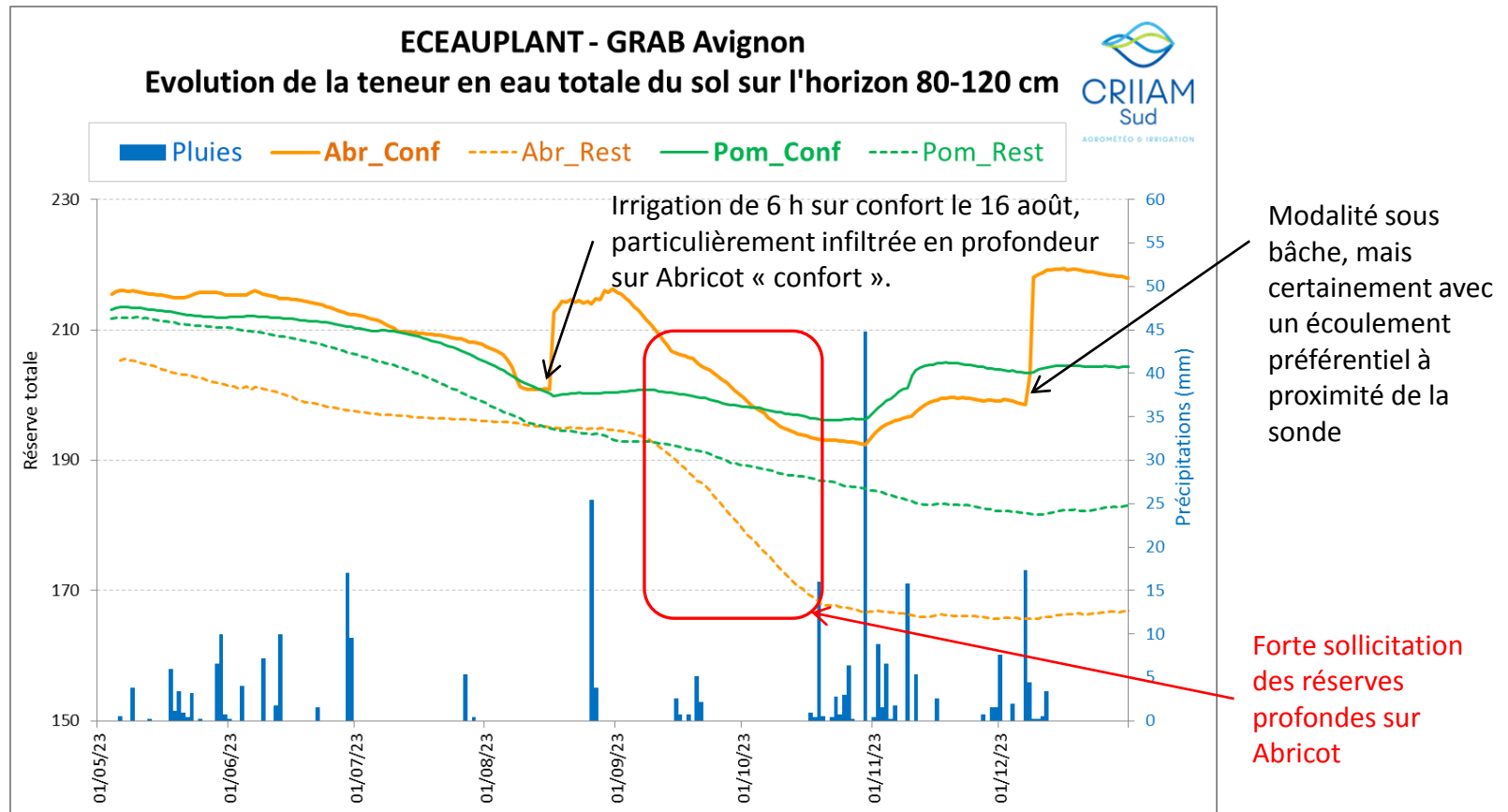
Comparaison des courbes entre modalités - 2023



Ce type de graphique représente le % de recharge de la RU, RU définie en fonction des valeurs Mini/Maxi enregistrées depuis le début des mesures.

Mais attention, l'analyse peut être trompeuse, car on se retrouve avec des % plus faibles sur « confort », du fait qu'on a laissé le sol moins s'assécher que sur « restreint ».

Comparaison des courbes entre modalités - 2023



Sur les modalités « restreint », les réserves hydriques du sol n'ont fait que baisser tout au long de l'année sur l'horizon 70-120 cm.

Sur Pomme « confort », les pluies de fin octobre/début novembre ont permis une certaine recharge hydrique du sol, mais le sol n'a pas encore refait son plein en eau. Il faudra des pluies conséquentes dans les prochaines semaines pour espérer, d'ici le printemps, recharger le sol en eau assez profondément.

Redéfinir les valeurs seuils dans Humsol.

Intégrer les données des divers outils connectés dans Humsol (Weenat, Monitor, Brad...), ainsi que les relevés de compteurs.

Afin de privilégier l'enracinement en profondeur :

- sur « confort », faire des apports plus conséquents et moins souvent (1 ou 2 fois par semaine, et pas au quotidien).
- sur « restreint », 1 apport par semaine de l'ordre de 50 % de ce qui a été apporté sur « confort ».

Analyse de :

- Irrimax 2D avec sonde supplémentaire de 60 cm.
- Sonde Brad
- Weedriq



Centre de Ressource et d'Innovation pour
l'Irrigation et l'Agrométéorologie en région Sud

ECEAUPLANT 2024

Bilan climatique 2024

Le CRIIAM Sud dispose d'une station météo sur le site du GRAB Avignon, mais avec peu d'années d'historique (*début des relevés sur ce site : 01/01/2021*).

La station INRAe Avignon, proche du GRAB, est donc utilisée pour analyser le climat 2024 par rapport aux années passées (*analyse statistique depuis 1961*).

Comparaison des données climatiques sur la **période d'avril à septembre** :

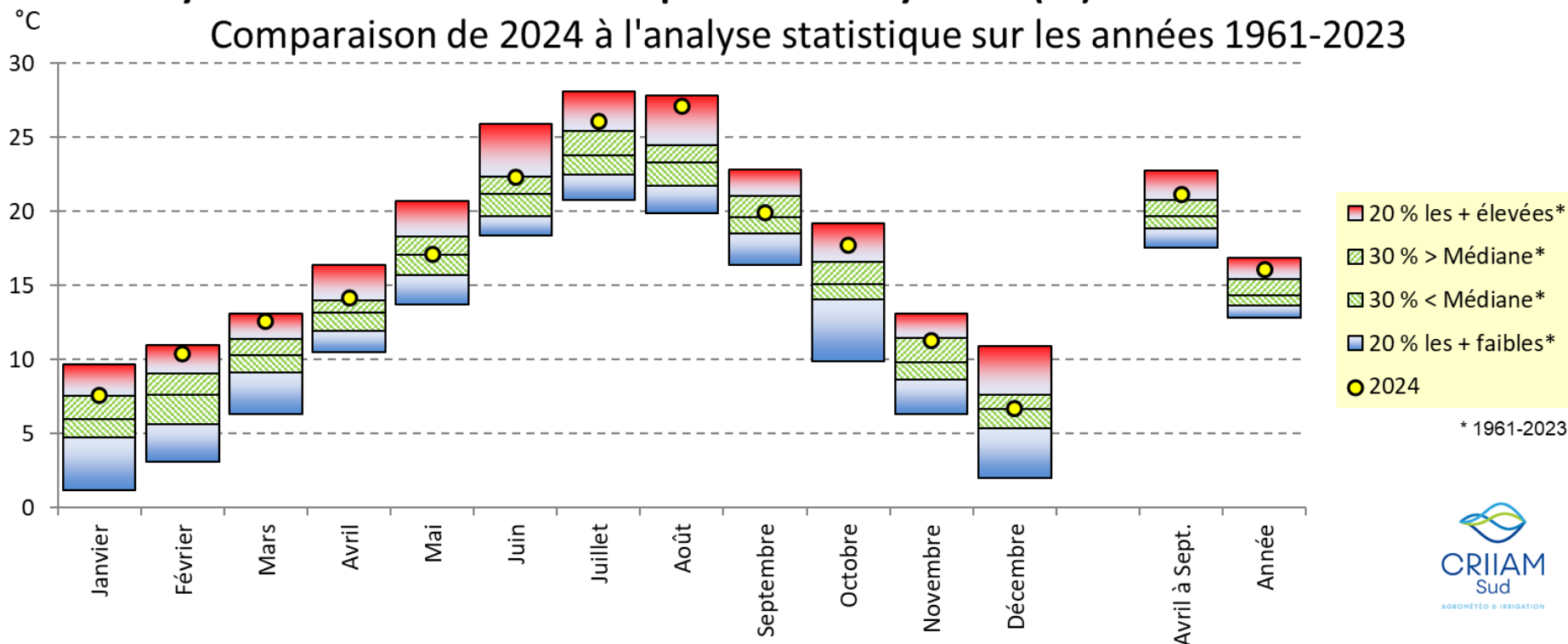
2024	INRAe	GRAB	GRAB/INRAe
Moy Tmini (°C)	15°0	14°5	- 0°5
Moy Tmaxi (°C)	27°2	27°5	+ 0°2
Moy Tmoy (°C)	21°1	21°0	- 0°1
Rg (J/cm ²)	2271	(2271)	=
Vent (hm/j)	1783	870	- 51 %
Précipitations (mm)	234,5	262,6	+ 12 %
ETP (mm/j)	4,9	4,3	- 12 %
Moy Hr mini (%)	37	40	+ 3 %
Moy Hr maxi (%)	87	93	+ 6 %
Moy Hr moy (%)	62	67	+ 5 %

Même constat que l'année dernière : la station du GRAB, plus à l'abri du vent que celle de l'INRAe, est plus froide la nuit, plus chaude le jour et plus « humide » : les ETP y sont donc plus faibles.

Températures 2024

Moyennes mensuelles des températures moyennes (°C) - AVIGNON Montfavet

Comparaison de 2024 à l'analyse statistique sur les années 1961-2023

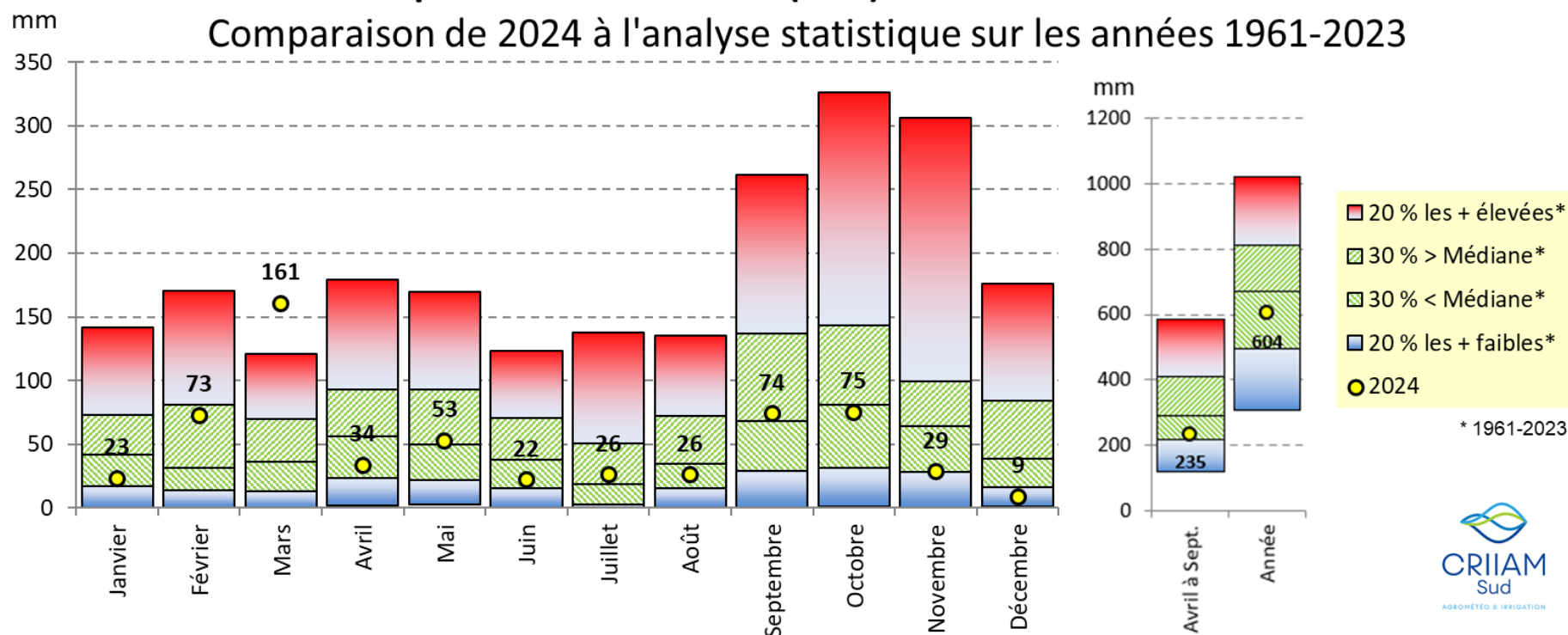


Si mai et décembre enregistrent des températures moyennes égales aux valeurs médianes, elles restent, tous les mois de l'année 2024, bien supérieures aux médianes des années 1961-2023. Août se positionne en 2^{nde} position des plus chauds (à égalité avec 2022), après 2003. L'année complète 2024 se positionne 3^{ème} année la plus chaude (à égalité avec 2014 et 2018), après 2023 et surtout 2022 (=année du record de chaleur).

Précipitations 2024

Précipitations mensuelles (mm) - AVIGNON Montfavet

Comparaison de 2024 à l'analyse statistique sur les années 1961-2023



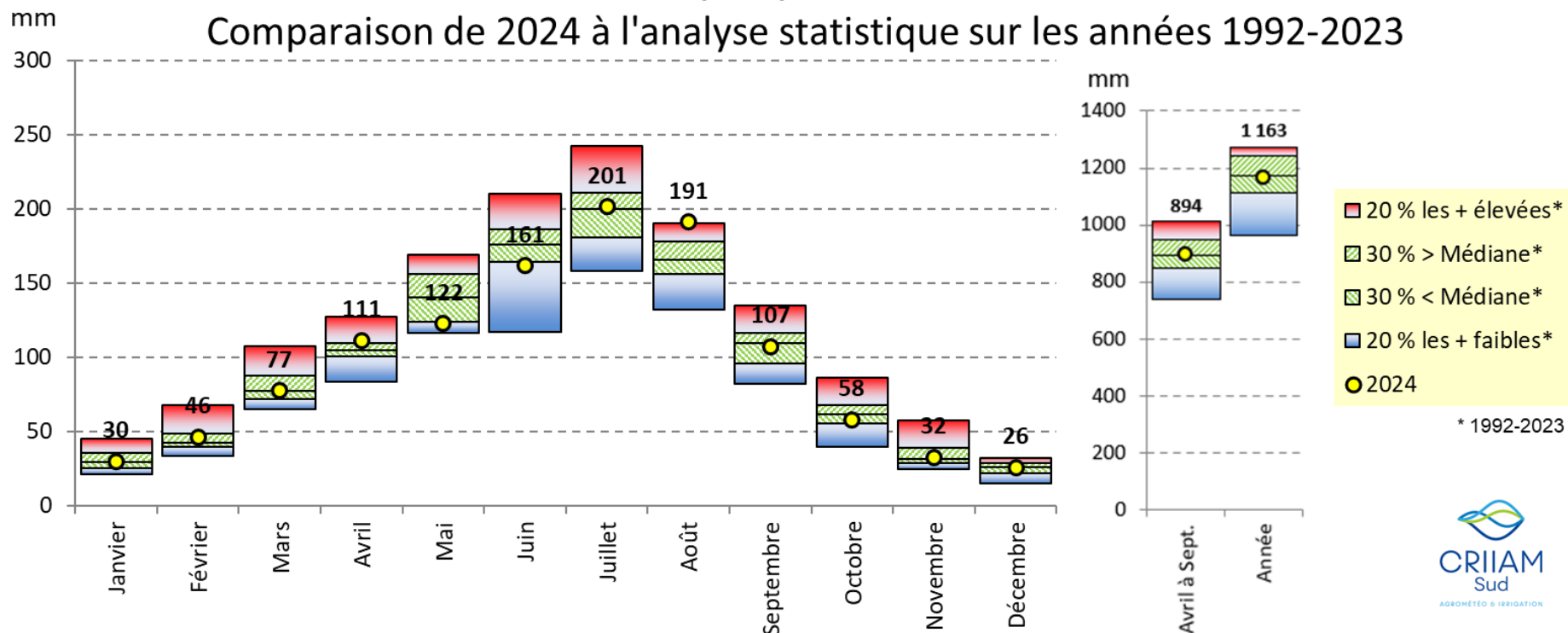
Jamais, depuis 1961 (et même 1871), le cumul des précipitations de mars n'avait été aussi important qu'en 2024 à Avignon Montfavet. Il est le mois le plus pluvieux de cette année.

Décembre est particulièrement déficitaire.

La période d'avril à septembre, ainsi que l'année, sont également déficitaires (respectivement de 28% et de 11 %)

ETP mensuelles (mm) - AVIGNON Montfavet

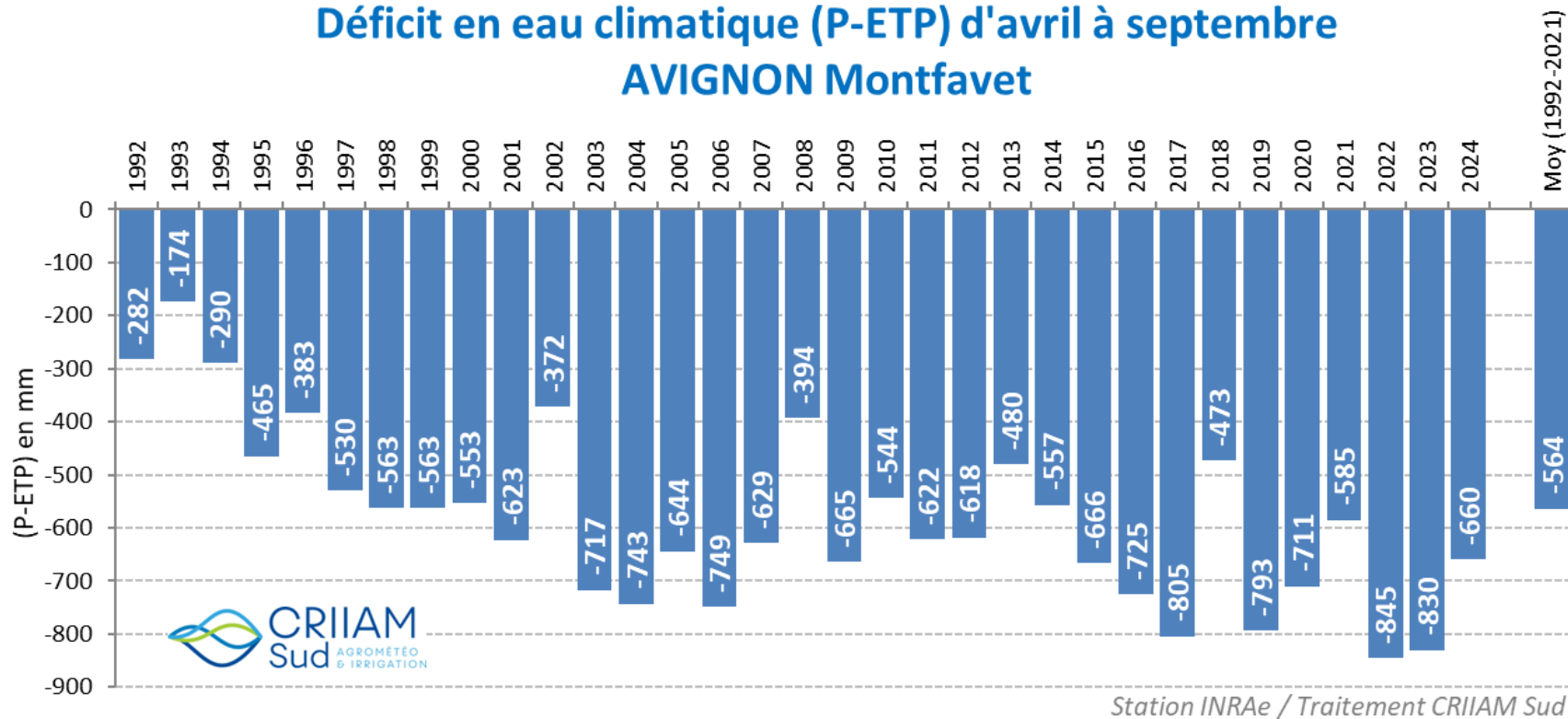
Comparaison de 2024 à l'analyse statistique sur les années 1992-2023



En 2024, seules les ETP mensuelles de mai et juin sont nettement déficitaires par rapport à l'historique ; par contre, celles d'août établissent un nouveau record de forte ETP (depuis 1992). La période d'avril à septembre, ainsi que l'année complète, enregistrent pour 2024 des valeurs similaires aux médianes constatées de 1992 à 2023.

Déficit en eau climatique 2024

Déficit en eau climatique (P-ETP) d'avril à septembre AVIGNON Montfavet



Bien que le déficit climatique sur la période d'avril à septembre soit moins marqué cette année que les deux années précédentes, il reste plus important que la moyenne constatée sur les 30 années 1992-2021 (564 mm) : en 2024, le déficit est de 660 mm.

Pilotage de l'irrigation en 2024

Sur les 4 sondes capacitatives installées le 3 mai 2023, celles positionnées sur « Abricot » (confort + restreint) ont été déplacées le 11 janvier suite à l'arrachage des arbres où étaient positionnées ces sondes.

Celle sur Abricot-Confort a dû être réinstallée le 2 février (rajout de boue).

Le 22 mars, les sondes capacitatives installées sur « Pommier » (confort + restreint) ont également été déplacées afin de les éloigner des arbres (repositionnement à 60 cm du tronc et à 30 cm d'un goutteur).

Du fait de ce déplacement de sondes, les valeurs d'humidité obtenues cette année ne sont pas totalement comparables à celles de 2023.



Pilotage de l'irrigation en 2024

Des sondes tensiométriques Weenat ont été installées sur la modalité « Pomme confort » depuis le 6 avril 2023.



Un équipement BRAD est en place depuis le 30 novembre 2023.

Les données des Monitors installés sur l'autre parcelle d'abricotiers (suivie par Sophie-Joy) ont été intégrées à HumSol en 2024.



Relevés des compteurs

L'aide au pilotage de l'irrigation est effectué via la plateforme Humsol.

Chaque début de semaine :

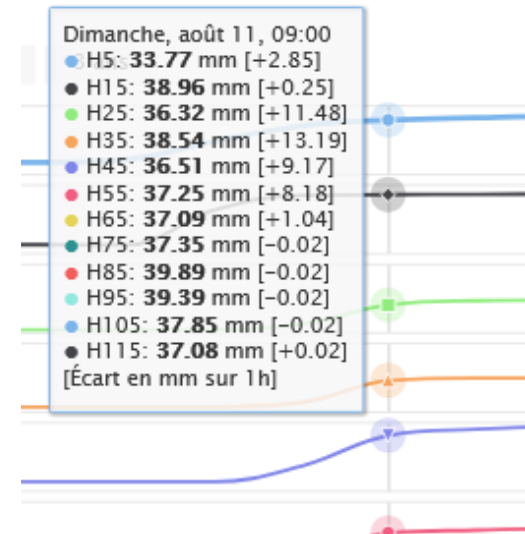
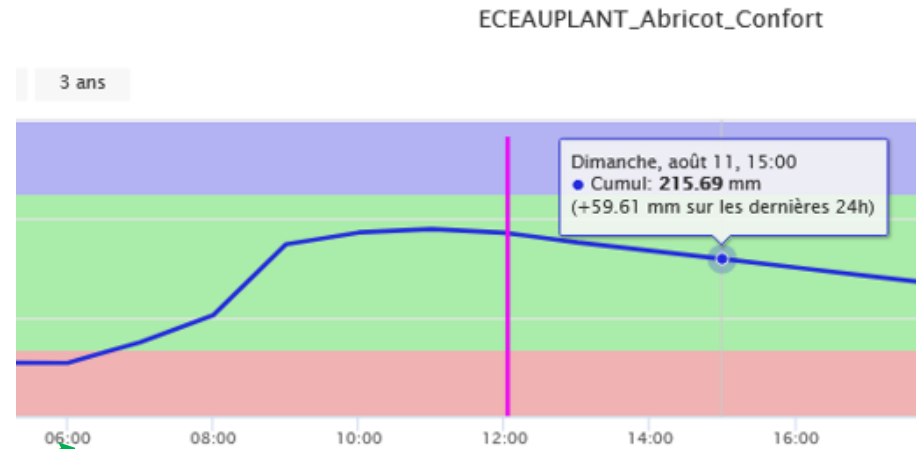
- le GRAB enregistre les relevés de compteur sur un fichier excel partagé. Ces relevés permettent de valiser les doses réellement apportées.
- le CRIIAM Sud rédige un conseil en se basant sur les relevés des sondes.

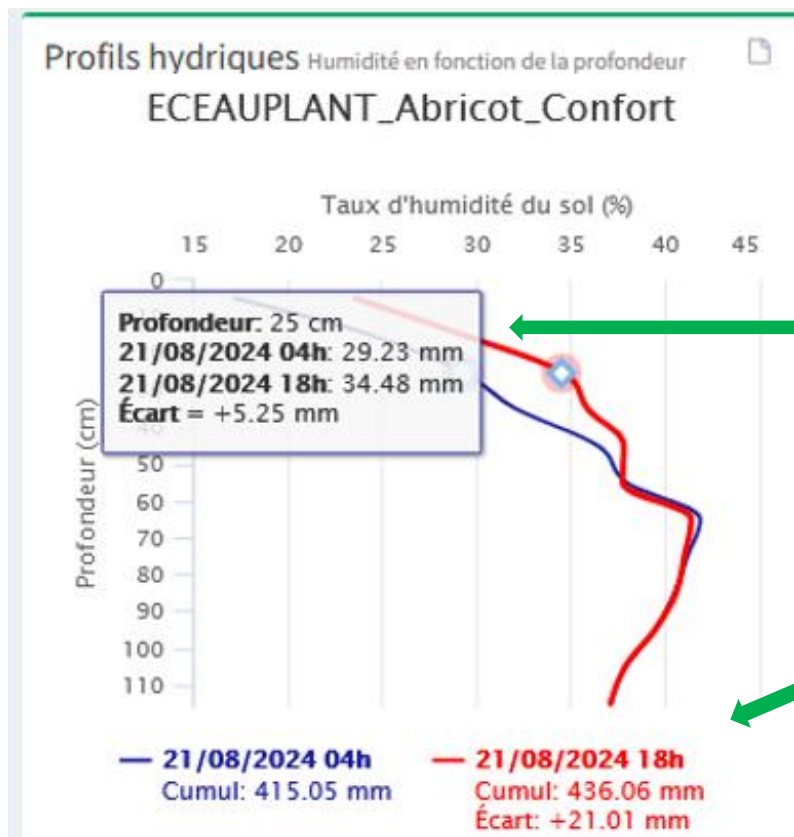
ECEAUPLANT GRAB Pommier Abricotier _ Suivis volucompteurs							
File Edit View Insert Format Data Tools Extensions Help							
Q Menus 100% 123 Default... 10 B I A							
J22	A	B	C	D	E	F	H
25	23/10/2023	08:00	35,52	19,43	37,19	15,79	
26	Date	Heure	Abricotier (P3)		Pommier (P4)		Abricotier (P5) Mathilde - SJO
27			Confort - Rang E	Restreint - Rang G	Confort - Rang F	Restreint - Rang H	Confort - Rang F Restreint - Rang H
28	18/04/2024		19,43	35,52	37,39	15,92	
29	19/04/2024	14:00	19,44	35,79	37,51	16,09	
30	22/04/2024	13:30				17,00	91,60
31	29/04/2024	10h20	36,05	19,7	37,51	16,09	17,00 91,60
32	06/05/2024	10h15	36,05	19,7	37,51	16,09	17,00 91,60
33	13/05/2024	9h32	36,05	19,7	37,51	16,09	17,00 91,60
34	20/05/2024	10h04	36,05	19,70	37,51	16,09	17,00 91,60
35	28/05/2024	08:00	36,31	19,70	37,51	16,09	17,00 91,60
36	03/06/2024	08:15	36,57	19,96	37,51	16,09	17,00 91,60
37	10/06/2024	12:00	37,61	20,41	37,51	16,09	17,00 91,60
38	17/06/2024	13h45	38,39	20,85	37,51	16,09	17,70 92,07
39	24/06/2024	10h32				18,67	92,55
40	24/06/2024	15h11	39,43	21,30	37,51	16,09	
41	01/07/2024	14h08	40,85	21,94	37,77	16,23	19,78 93,02

fférences (Pratique-Théorique) en			
Abricotier		Pommier	
Conf.	Rest.	Conf.	Rest.
107%	98%	102%	98%
106%	98%	104%	98%
106%	98%	106%	98%
99%	98%	104%	98%
100%	94%	94%	95%
97%	95%	95%	95%
97%	96%	95%	95%
98%	96%	96%	98%
98%	97%	98%	99%
97%	97%	97%	99%

Améliorations Humsol 2024

- Pilotage de l'irrigation sur l'horizon 10-70 cm et non 0-70 cm.
- + courbe de suivi sur l'horizon 70-120 cm
- + variation de l'humidité en 24 h (courbe cumul & courbes individuelles sur une même échelle)
- + variation de l'humidité en 1 h (pour courbes par profondeur « individuelles »)





Sur les profils hydriques :

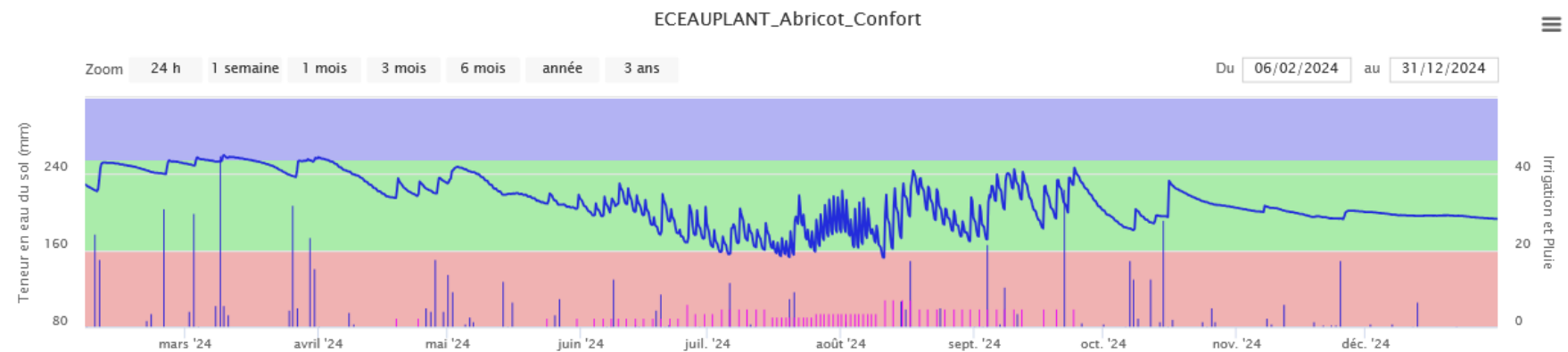
- + pour chaque profondeur : écart entre les 2 dates

- + cumuls pour chaque date et variation entre les 2 dates

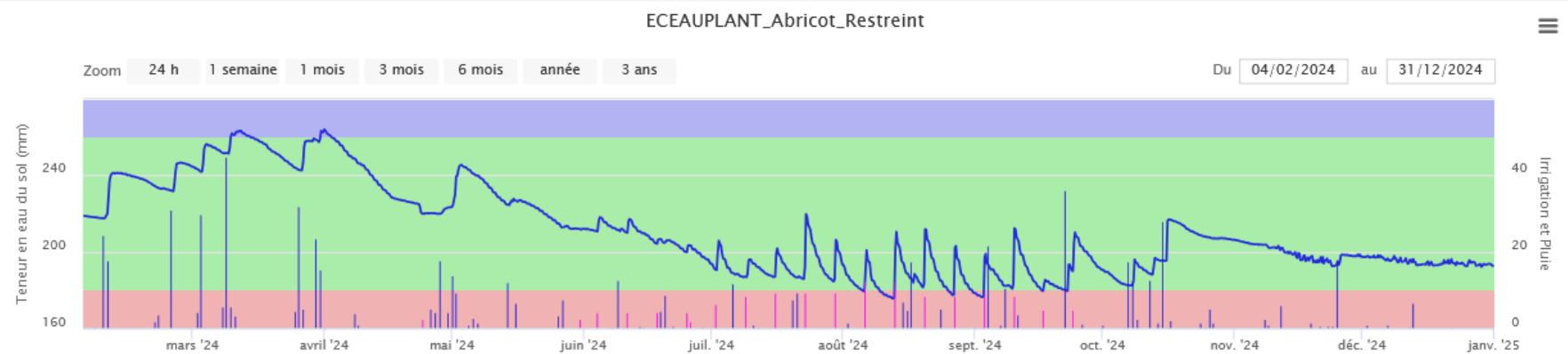
- Intégration automatique des données des « Monitor »

Suivis Humsol 2024 - Abricot

Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 10-70 cm



Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 10-70 cm



Seuils définis sur confort : 160-255 mm, sur restreint : 180-260 mm. Seuils à revoir ?

En restreint, même avec des apports plus « massifs », la courbe n'est jamais remontée très haut dans le vert.

Problèmes des échelles « automatiques » sur HumSol qui peuvent perturber les comparaisons.

Suivis Humsol 2024 - Pomme

Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 10-70 cm

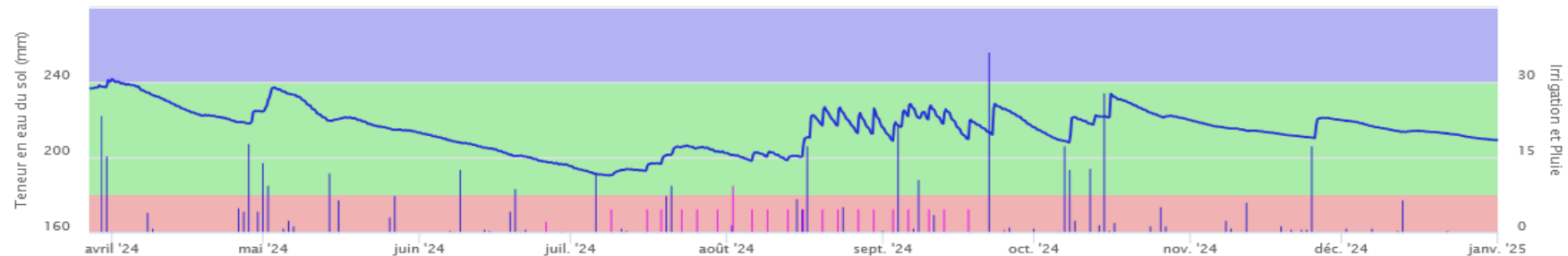


ECEAUPLANT_Pomme_Confort



Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois année 3 ans

Du 27/03/2024 au 31/12/2024



Teneur en eau du sol cumulée sur horizon 10-70 cm

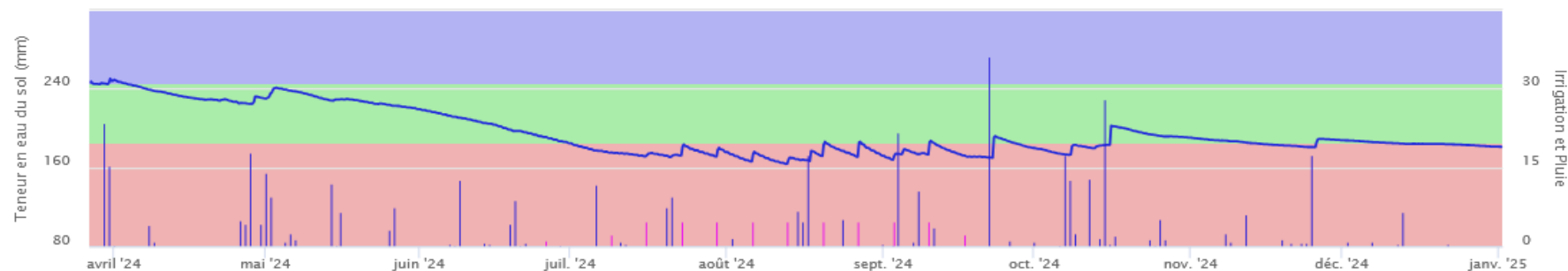


ECEAUPLANT_Pomme_Restreint



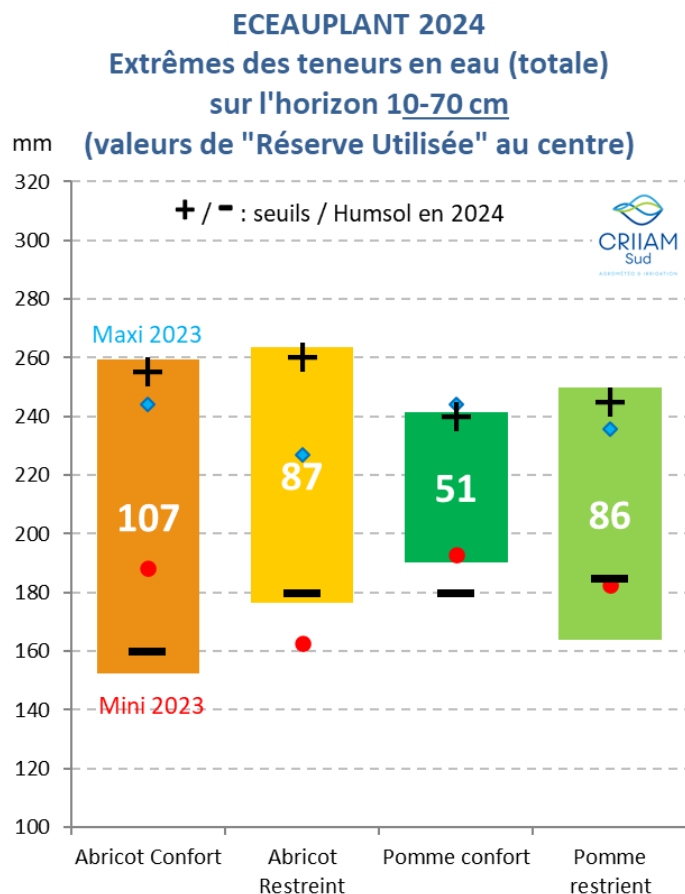
Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois année 3 ans

Du 27/03/2024 au 01/01/2025



Seuils définis sur confort : 180-240 mm, sur restreint : 185-245 mm. Seuils à revoir ?
Sur restreint, courbe restée quasiment toute la saison dans le rouge.

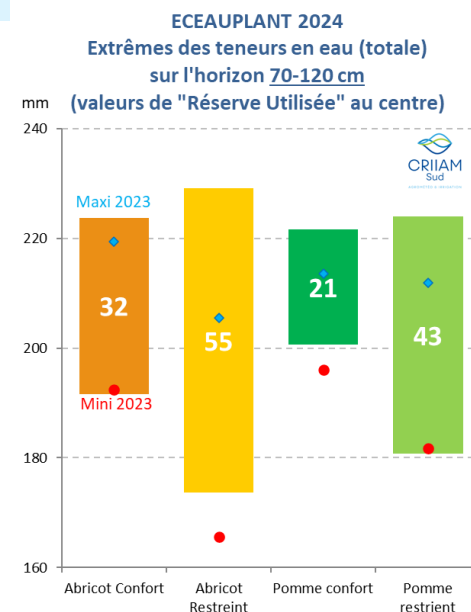
Teneurs en eau extrêmes mesurées par horizon en 2024 (+ extrêmes 2023)



Horizon de pilotage de l'irrigation (10-70 cm ici à gauche) : forte variabilité des extrêmes constatés entre modalités. Par rapport à 2023 (*ronds rouges et bleus - emplacement des sondes différent*), les extrêmes ont peu varié sur « Pomme confort », contrairement aux autres sites, et notamment sur « Abricot ».

L'écart entre les extrêmes atteint 107 mm sur « Abricot confort », mais n'est que de 51 mm sur « Pomme confort ». Sur les modalités restreintes, les écarts entre les extrêmes sont similaires (respectivement de 87 et 86 mm), mais avec des humidités plus faibles sur « Pomme ».

L'horizon plus profond (70-120 cm ici à droite) a été plus exploité par les modalités « restreintes » : meilleur enracinement (?). Comparés à 2023, les extrêmes sont cette année très proches sur « Abricot confort ».



Teneurs en eau extrêmes mesurées par horizon en 2024

Les graphiques ci-dessous permettent de constater quelle a été la « contribution en eau du sol » au cours de l'année 2024, pour chaque profondeur ou horizon de sol donné.

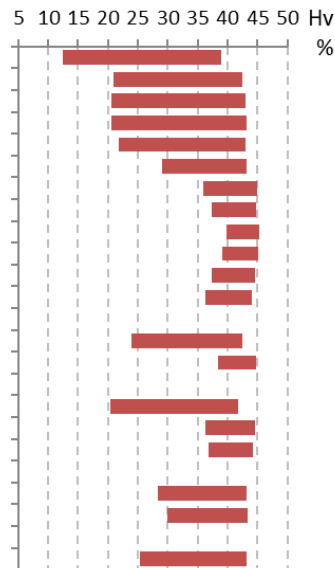
On voit ainsi que les horizons de surface sont ceux qui se sont le plus asséchés.

Les horizons profonds ont été plus sollicités sur les modalités « restreint » que sur les « confort » : certainement une meilleure exploitation du sol par les racines.

ECEAUPLANT - 2024

Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon

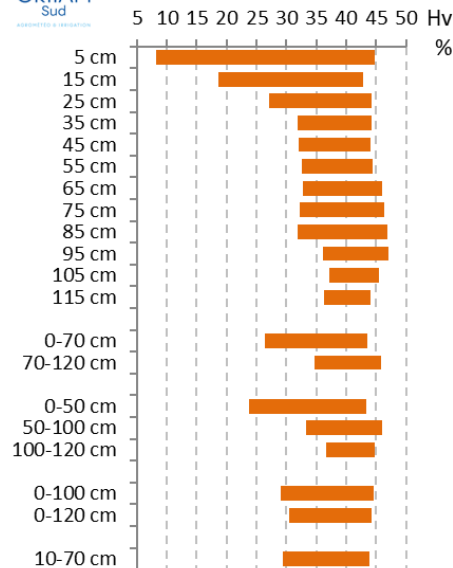
ABRICOT - Confort



ECEAUPLANT - 2024

Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon

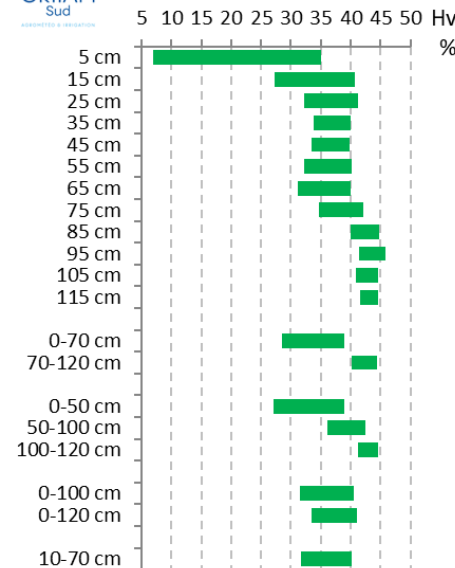
ABRICOT - Restreint



ECEAUPLANT - 2024

Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon

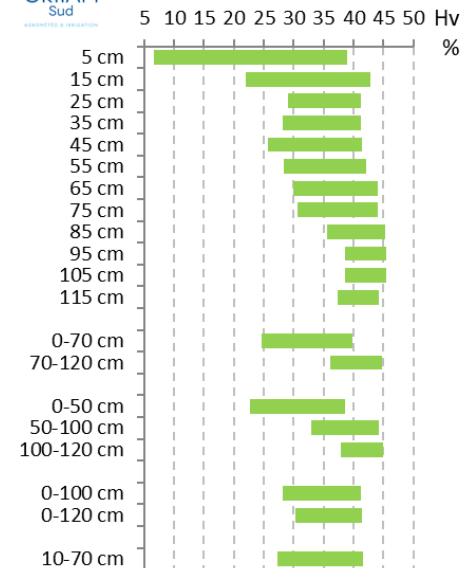
POMME - Confort



ECEAUPLANT - 2024

Plage d'humidités volumiques du sol
par profondeur ou horizon

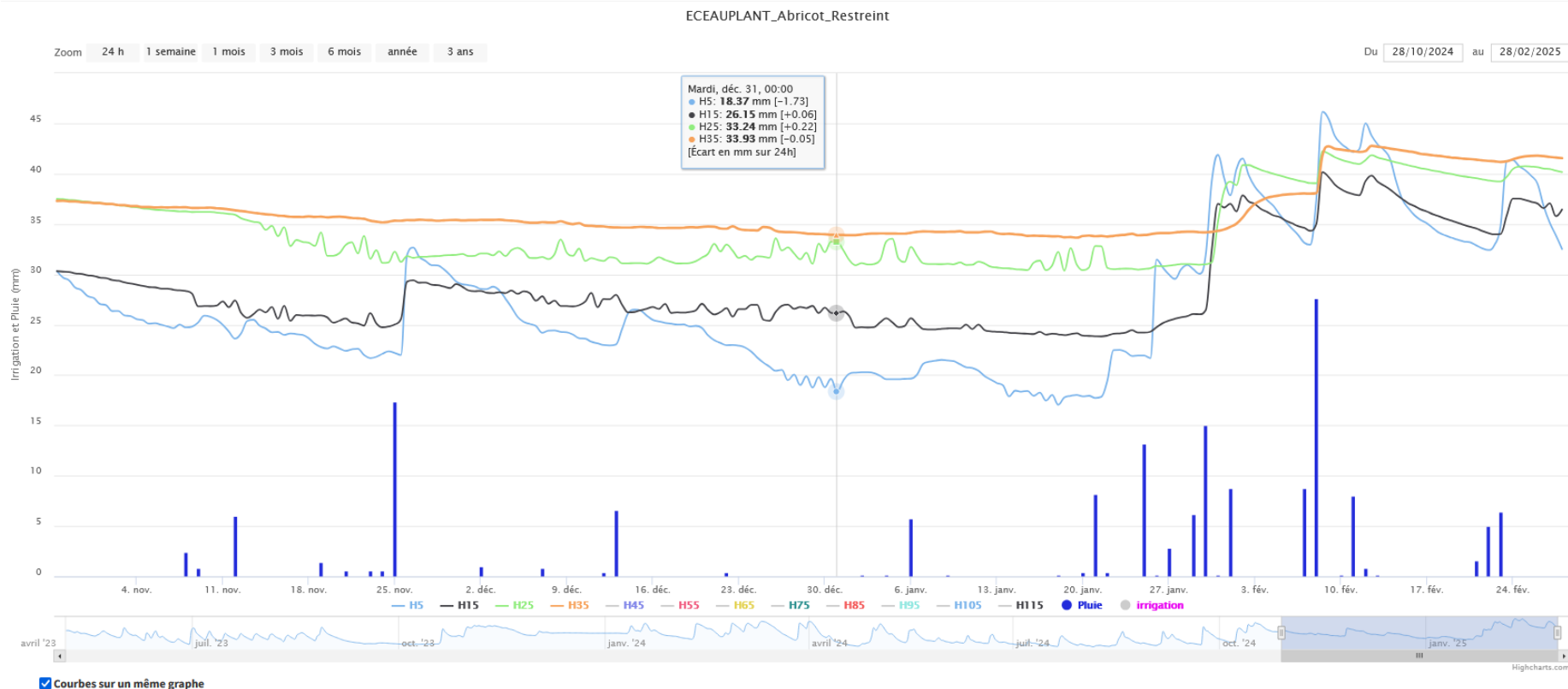
POMME - Restreint



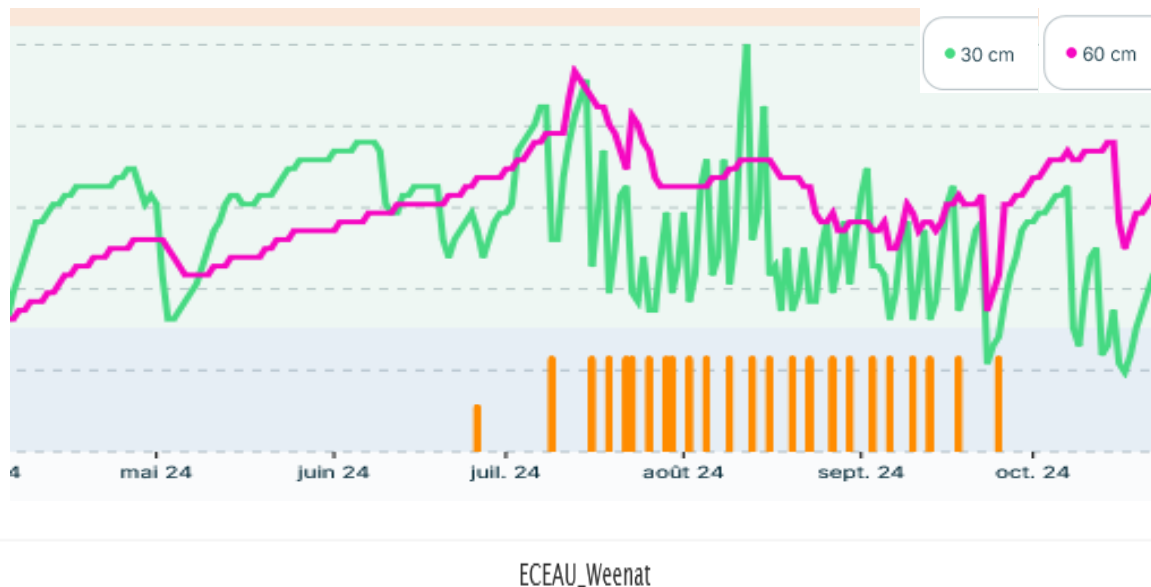
Evolution étrange de certains capteurs

Sur Abricot Restreint, évolution bizarre des valeurs d'humidité sur les 3 premiers capteurs de surface, de mi-novembre 2024 à fin janvier 2025 (!?)

Teneur en eau du sol Détails des différentes profondeurs



Suivis tensio Weenat 2024

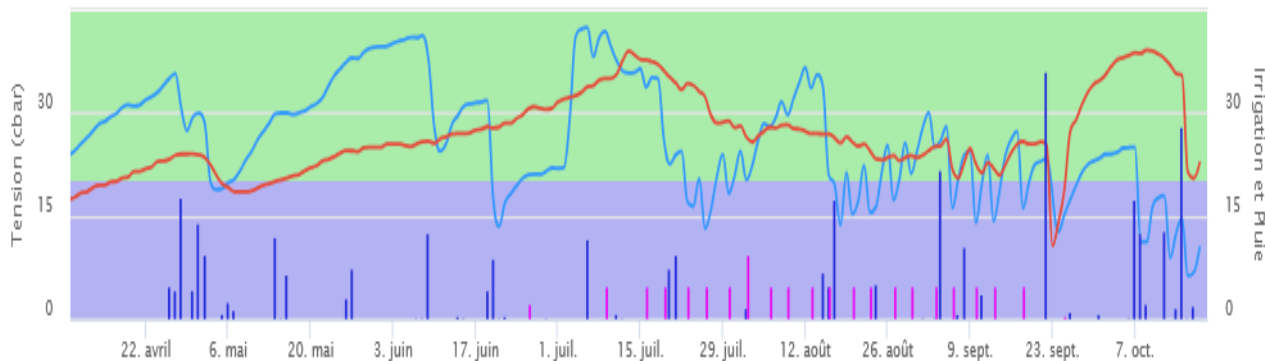


Plateforme Weenat : les pluies n'apparaissent pas

Ces courbes montrent que les irrigations ont permis de maintenir un confort tout au long de la saison.

Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois année 2 années

Du 09/04/2024 au 18/10/2024



Plateforme Humsol :
actuellement valeurs
moyennes et non médianes
(il manque encore la récupération
automatique des données)

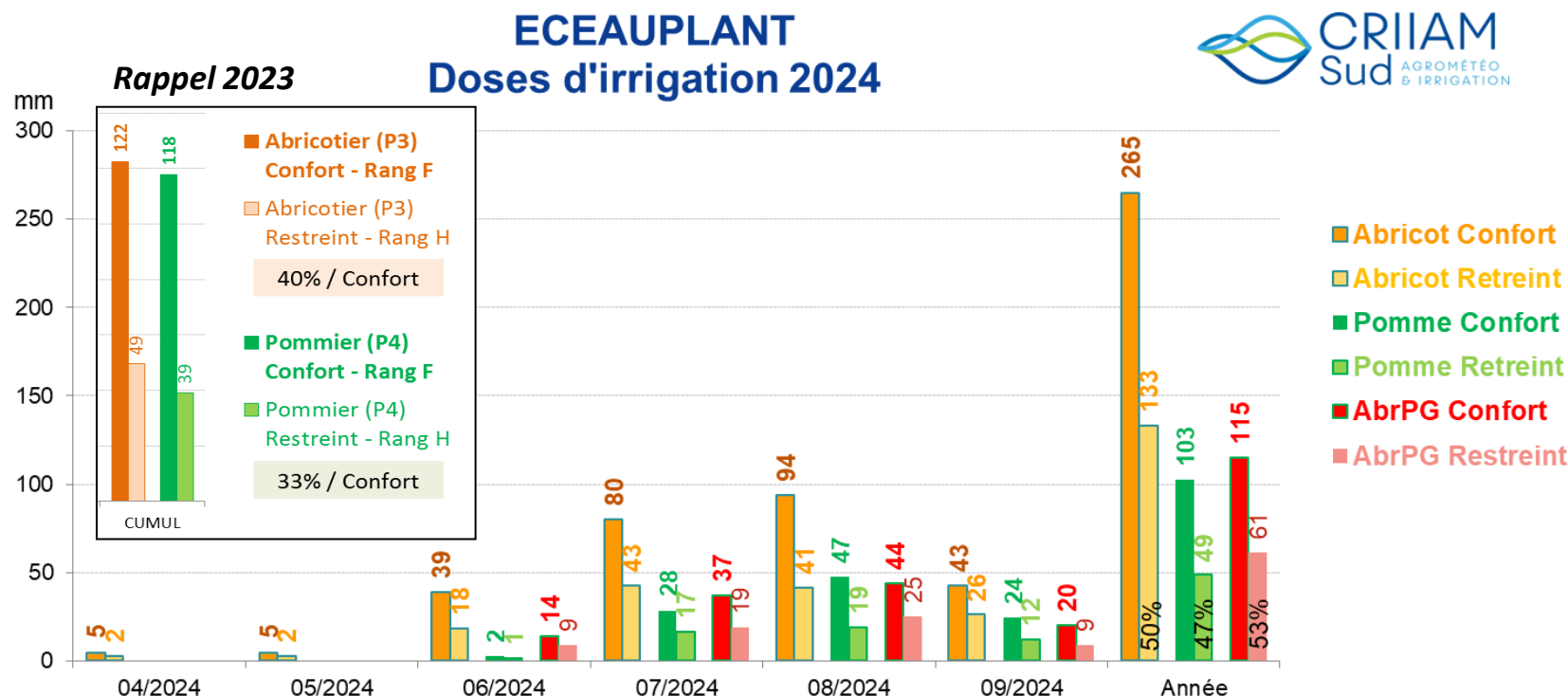
Doses d'irrigation 2024

Sur « abricot confort », apport tous les 2 jours du 04/06 au 14/07, quotidien du 16/07 au 09/08, puis à nouveau 1j/2 du 11/08 au 12/09 (+ 17-20-24/09).

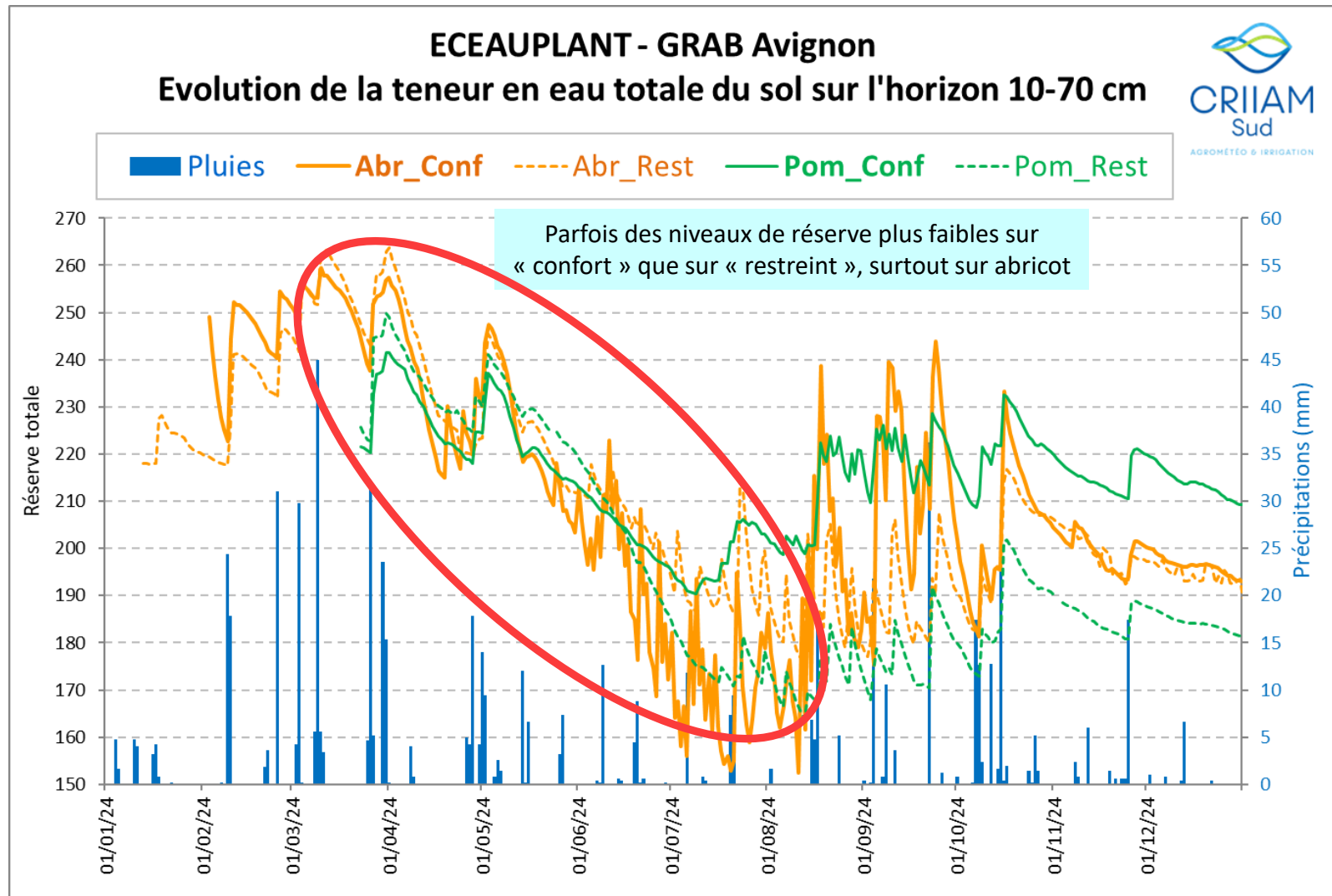
Sur « pommier confort », apport généralement le mardi et le vendredi, du 09/07 au 18/09 (+26/06).

Sur les modalités « restreint », les apports se font généralement le mardi (≈ 50 % des quantités « confort »).

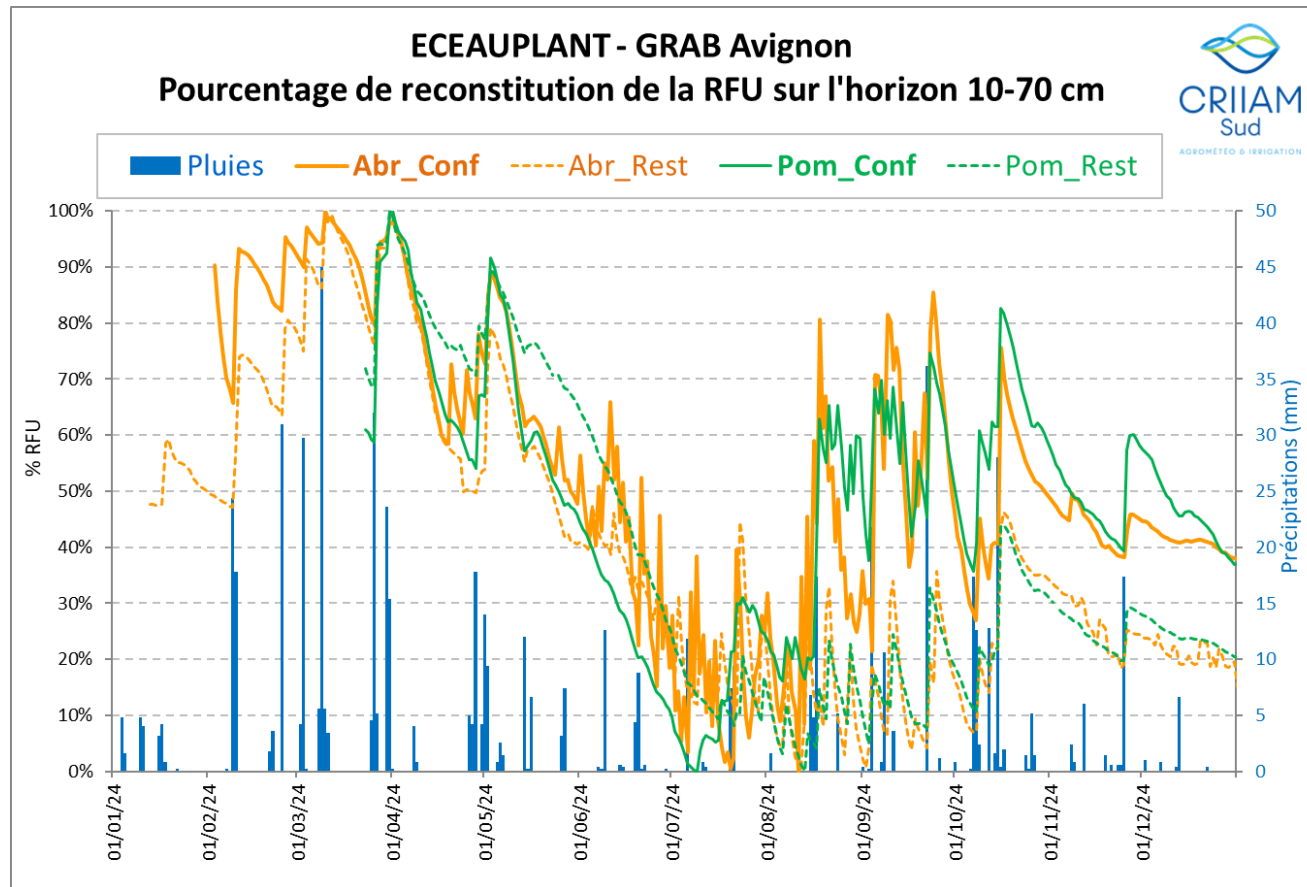
Apports bien plus importants que l'année dernière sur Abricot, mais + faible sur pommier (confort).



Comparaison des courbes entre modalités - 2024



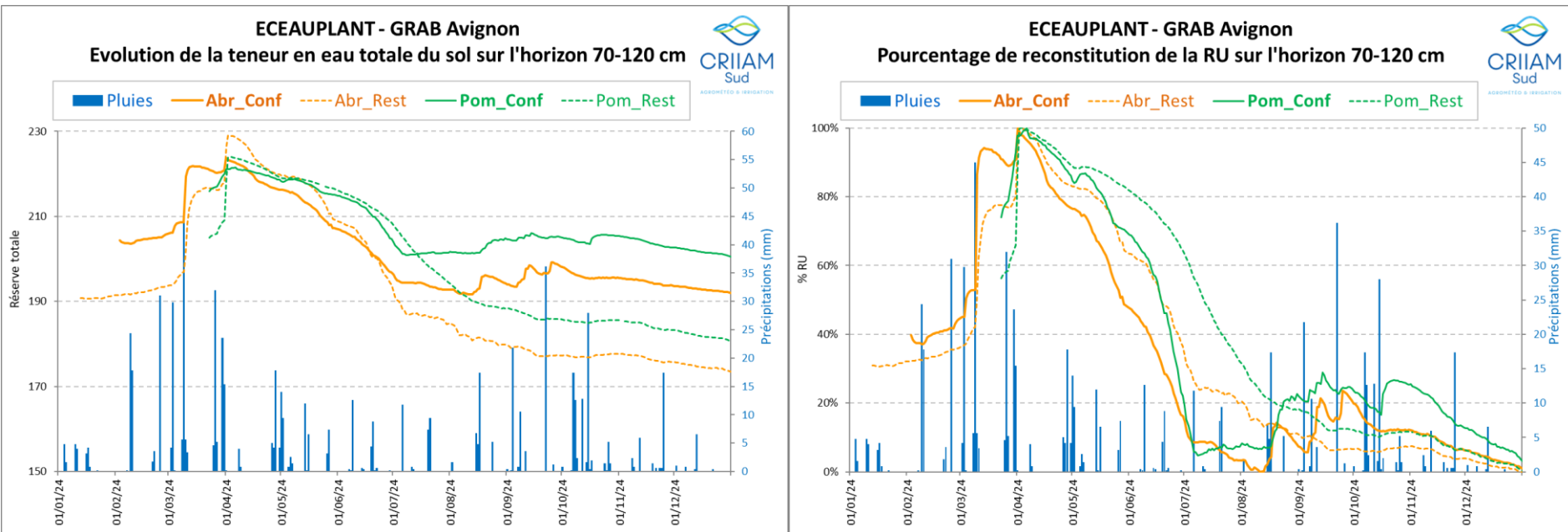
Comparaison des courbes entre modalités - 2024



Ce type de graphique représente le % de recharge de la RU (définie en fonction des valeurs Mini/Maxi enregistrées en 2024, après le repositionnement des sondes).

100 % partout enregistré début avril, mais 0% enregistré début juillet sur « pomme confort », plutôt vers le 10 août sur les autres modalités.

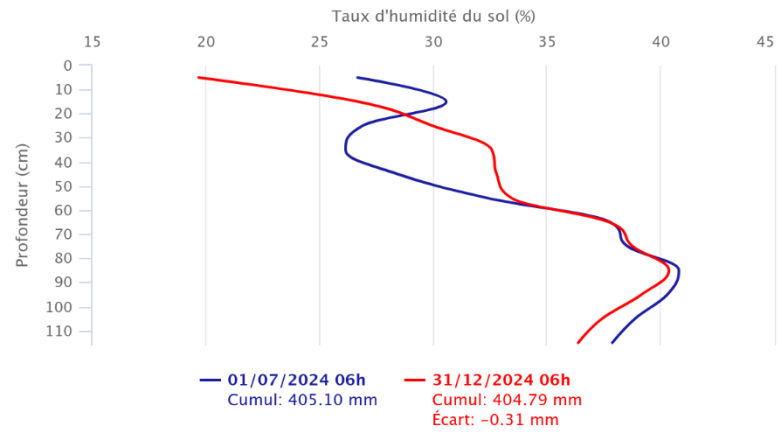
Comparaison des courbes entre modalités - 2024



Plus en profondeur, le maximum de recharge a également été constaté début avril.
Seule la modalité « Abricot-confort » a enregistré son minimum de réserve juste avant les pluies notables de la mi-août. Sur les autres modalités, le minimum est constaté en fin d'année.

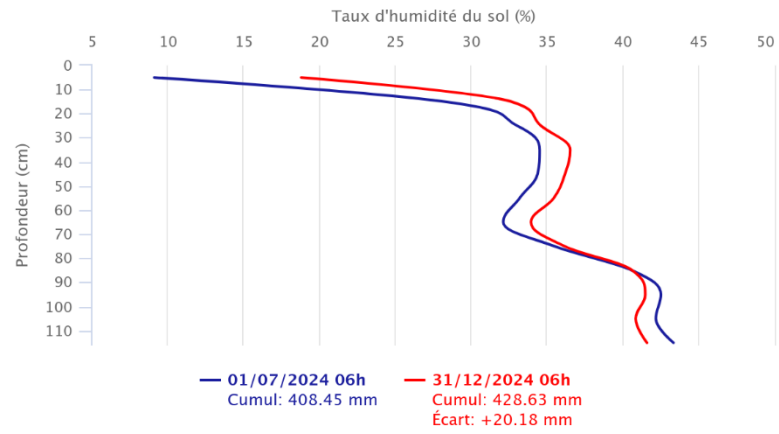
Plus forte exploitation de l'eau en profondeur sur « restreint » entre le 1^{er} juillet et le 31 décembre 2024

ECEAUPLANT_Abricot_Confort



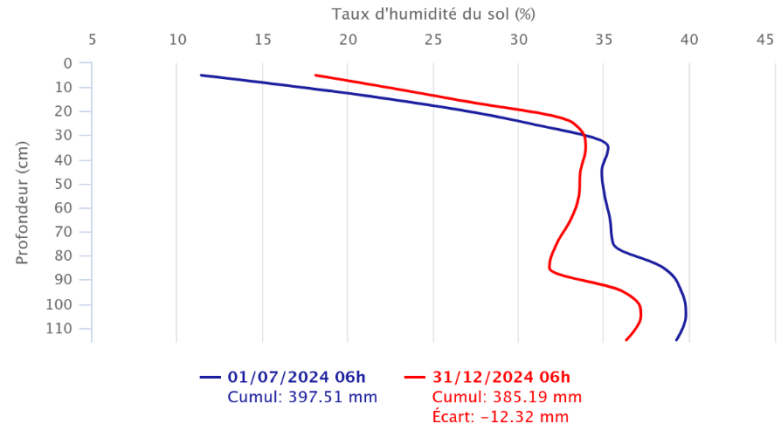
Highcharts.com

ECEAUPLANT_Pomme_Confort



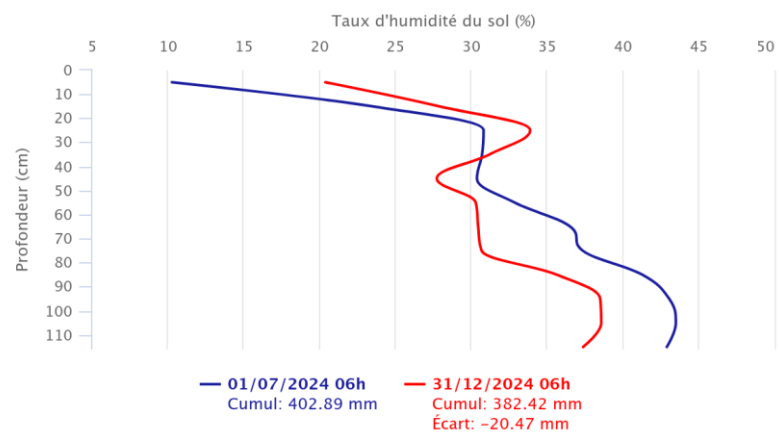
Highcharts.com

ECEAUPLANT_Abricot_Restreint



Highcharts.com

ECEAUPLANT_Pomme_Restreint



Highcharts.com

Suivis Monitor sur Humsol

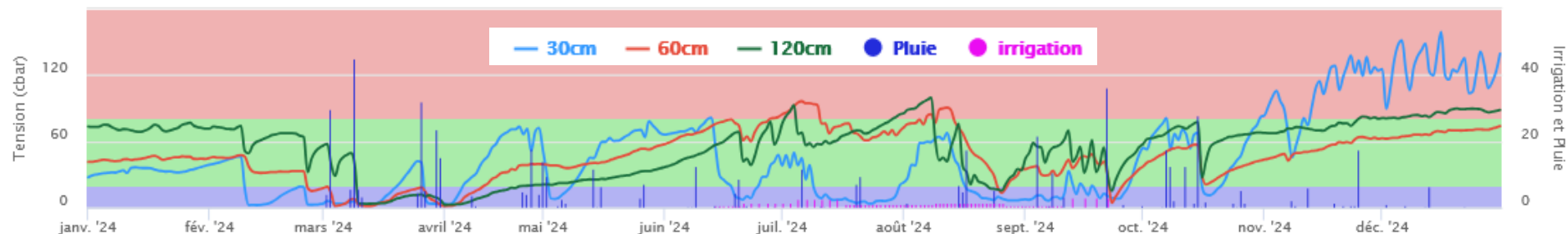
Medianes des tensions



ECO_ABRI_PG_Confort

Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois **année** 2 années

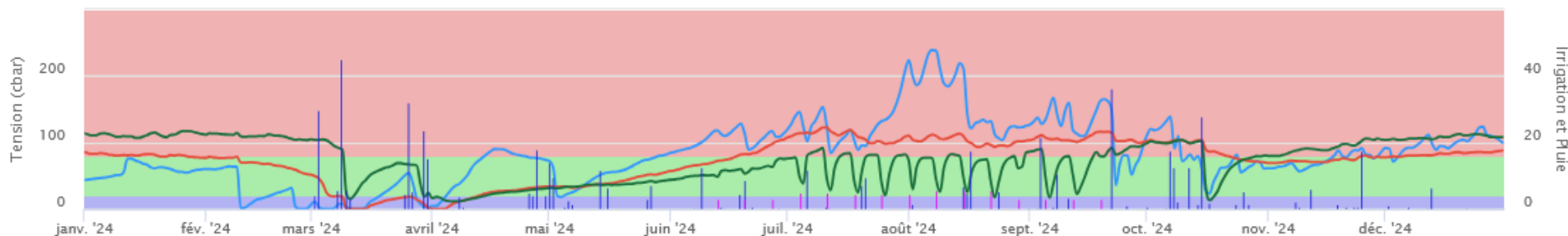
Du 01/01/2024 au 31/12/2024



ECO_ABRI_PG_Restr

Zoom 24 h 1 semaine 1 mois 3 mois 6 mois **année** 2 années

Du 01/01/2024 au 31/12/2024



Les tensions à 30 cm sont restées « dans le vert » sur la modalité « confort », contrairement à la modalité « restreint ».

Sur « restreint », étonnant que les capteurs à 120 cm de profondeur réagissent fortement aux irrigations !
On constate partout un sol plutôt sec en fin d'année.

Ajuster au mieux les valeurs seuils dans Humsol.

Poursuivre l'intégration dans Humsol :

- des données des sondes connectées Weenat de façon automatique (Brad ?).
- des relevés de compteurs.

Analyse plus fine de :

- Irrimax 2D avec la sonde supplémentaire de 60 cm.
- Sonde Brad ?
- Weedriq

...