

## PROJET AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE

Innovation et Expérimentation en Agriculture

### SYSTEM

**Système innovant de production durable de la tomate  
d'industrie : pas d'herbicide et réduction de l'irrigation  
et des nitrates**

**Ardepi - SONITO**

**Années 2017-2018-2019**

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	3
<b>Les objectifs</b> .....	4
<b>Matériels et méthodes</b> .....	4
<b>Compte-rendu campagne 2017</b> .....	6
Matériels et méthodes .....	6
Action A : expertise hydraulique .....	7
Action B : expertise sur le pilotage des irrigations 2017 .....	8 à 14
Synthèse de l'année 2017 .....	15
Bilan 2017 et perspectives 2018 .....	15
<b>Compte-rendu campagne 2018</b> .....	16
Matériels et méthodes .....	16
Action A : expertise hydraulique .....	16
Action B : expertise sur le pilotage des irrigations 2018 .....	17 à 21
Synthèse de l'année 2018 .....	22
Bilan 2018 et perspectives 2019 .....	23
<b>Compte-rendu campagne 2019</b> .....	24
Matériels et méthodes .....	24
Action A : expertise hydraulique .....	24
Action B : expertise sur le pilotage des irrigations 2019 .....	24 à 29
Synthèse de l'année 2019 .....	30
Bilan 2019 et perspectives .....	32
<b>Diffusion des résultats</b> .....	33
<b>Annexes bilan Aqualis 2019</b> .....	34 à 41

## INTRODUCTION

Le cadre agronomique et cultural national et européen est maintenant de plus en plus soumis à de nouvelles attentes économiques, environnementales et sociétales, ainsi qu'à une réglementation des plus strictes : retrait du marché de certaines matières actives, moindre utilisation d'intrants, augmentation régulière des coûts de production, pression des bio-agresseurs des cultures, protection accrue des ressources naturelles. Nous nous devons d'anticiper et d'adapter notre filière à ces nouvelles exigences. Il est donc nécessaire d'évoluer vers la maîtrise des différents facteurs de production sous l'angle du développement durable tout en améliorant la compétitivité vis à vis de la concurrence. Les facteurs concernés sont les herbicides, l'eau, et les fertilisants.

Cet enjeu, plus encore qu'au cours de ces dernières années, ne peut être réalisé de manière pertinente qu'au travers de la conception, la conduite et le développement d'un système de production de la culture de tomates destinées à la transformation autre que celui que nous utilisons jusque-là. L'utilisation des derniers outils de pilotage et d'aide à la décision, des méthodes alternatives en termes de pratiques culturales, engrais verts couchés et/ou paillage biodégradable doivent nous permettre de réduire l'apport d'eau et d'engrais par l'irrigation et de ne plus utiliser d'herbicides de synthèse pour une production intégrée durable de la culture de tomates d'industrie. Ces différentes méthodes sont le reflet d'une veille et d'une participation transversale, dorénavant accrue, à tous les Groupes de Travail Nationaux du CTIFL qui traitent des alternatives aux intrants de synthèse, des usages orphelins, des homologations, des projets labellisés GIS-PIClég, de même qu'aux Commissions AFPP qui traitent des mêmes sujets.

Cette Expérimentation mise en place par la SONITO sur les 3 saisons a bénéficié de l'expertise de l'ARDEPI, sur sa propre fiche, pour la garantie de la conduite optimale de l'irrigation sur les systèmes de production comparés.

Les acteurs de la filière que sont les producteurs et les industriels de la transformation doivent pouvoir disposer des clés pour évoluer vers un système de production innovant de la tomate destinée à la transformation. Ce système s'inscrit sous l'angle de la double performance économique et environnementale de l'agriculture française ainsi que des attentes sociétales : la réduction des différents intrants de synthèse (azote, matières actives : particulièrement herbicides), la préservation des ressources naturelles (sol, eau) et la sécurisation du consommateur. Ce changement de système de culture représente une réelle innovation et répond bien aux attentes de la filière.

## LES OBJECTIFS

1. Mobiliser les connaissances sur les dernières évolutions technologiques, innovations, qui sont susceptibles d'être adaptables pour une production intégrée durable de la tomate destinée à la transformation dans le contexte économique, environnemental et législatif actuel par la veille et la participation technique et scientifique aux différents Groupes de Travail Nationaux, Commissions et réseaux (CTIFL, Projets labellisés GIS PIClég, DEPHY EXPE, AFPP et ENDURE),
2. Concevoir un système de production de la tomate destinée à la transformation par des méthodes alternatives en termes de pratiques culturales, engrais verts couchés et/ou paillage biodégradable qui doivent nous permettre de ne plus utiliser d'herbicides de synthèse de réduire l'apport d'eau et d'engrais par l'irrigation avec le goutte à goutte. Le principe est donc de faire évoluer le système de culture en place depuis de nombreuses années en mobilisant des techniques alternatives de gestion des adventices, en réduisant à néant l'utilisation d'herbicides de synthèse tout en vérifiant la durabilité du système par rapport aux composantes économiques, environnementales et sociétales. Le paillage biodégradable représente encore, pour le moment, un coût élevé. Cependant, les différentes composantes de ce système innovant pour la filière de la tomate d'industrie que, sont la réduction de l'irrigation et de la fertilisation, l'absence d'herbicides de synthèse, sont à prendre en compte dans le calcul économique et environnemental.
3. Elaborer une Fiche de Bonnes Pratiques pour accéder à ce système. Les différents acteurs de la filière auront ainsi à leur disposition une actualisation d'une fiche du Guide Cultural de la tomate destinée à la transformation sous l'angle du développement durable, qui allie la double performance économique et environnementale tout en tenant compte des attentes sociétales. Valoriser et transférer ces innovations adaptées pour une production intégrée durable de la tomate par la visite du site, une restitution des résultats durant les Commissions Techniques et Assemblée Générales de la Sonito, sur le site de la Sonito.

## MATERIELS ET METHODES

### 1. Les modalités proposées

- 1.1. Système de culture classique du producteur (Référence) : culture sur planches avec fertigation et désherbage chimique.
- 1.2. Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage, fertigation et donc sans herbicide.
- 1.3. Systèmes de culture avec engrais vert couché au rouleau FACA : culture à plat sur l'engrais vert couché avec fertigation et sans herbicide.

Pour chaque système, mis en place par la SONITO, il y aura au minimum 2 planches ou longueurs de 70 à 80 m de manière à installer des micro-parcelles d'observations en randomisation tout au long du cycle cultural.

### 2. Mesures mises en place :

- Les observations de floraison, nouaison et rendements agronomiques (Tomates rouges, tournantes, vertes, pourries, PM, précocité) et technologiques (MSS, pH et Fermeté) ont été effectuées par la Sonito.
- La gestion de l'apport en eau, a été menée par la Sonito avec l'aide de l'expertise de l'Ardepi, à l'aide d'Outil d'Aide à la Décision AQUALIS et des sondes capacitives Sentek connectées « Drill and Drop 30 cm » qui nous permettront de comparer la disponibilité en eau dans le sol des différents systèmes et de tenir compte du besoin en eau de la culture de tomate tout au long du cycle. Des règles de décision pour le déclenchement de l'irrigation seront proposées par l'Ardepi afin d'optimiser les apports d'eau en quantité et en fréquence. Le pilotage des irrigations sera réalisé en adéquation avec le programme de fertilisation de la Sonito, afin d'améliorer son efficacité et supprimer les lessivages de l'azote liées aux irrigations. Trois sondes ont ainsi été placées sur chaque modalité. Ces sondes

permettent de mesurer l'humidité du sol en mm, la salinité du sol en VIC (volume total d'ions), et la température du sol.

- La Gestion de l'apport en engrais de synthèse a été raisonnée par la Sonito, principalement l'azote par l'utilisation du mulch couché et du paillage biodégradable, avec l'utilisation du Nitrachek et la grille de décision associée. Des analyses de sève ont été effectuées toutes les semaines pour apporter la quantité d'azote idéale en fonction de la grille de décision élaborée par la SONITO.

## **RESULTATS**

Les résultats de ces 3 années d'essais sont présentés sous forme chronologique pour rendre compte de l'avancement des systèmes de culture tout au long de la période.

Dans la présente fiche de l'Ardepi, une expertise hydraulique du réseau d'irrigation est présentée à la mise en place de l'essai, ainsi que l'analyse des pratiques de l'irrigation et de fertilisation réalisées les 3 années en lien avec la Sonito. Il vous sera présenté les possibilités d'évolution du système de culture pour ne plus appliquer d'herbicides, gérer la ferti-irrigation, tout en préservant la quantité et qualité de production avec ces nouvelles adaptations.

# Compte rendu campagne 2017

## Matériels et méthodes

Trois modalités de conduite de la tomate plein champs ont été comparées durant cette 1ère année 2017.

- Système de culture classique ou broyé du producteur (référence) : culture sur planches avec ferti-irrigation et désherbage chimique.
- Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage, ferti-irrigation et sans herbicide.
- Systèmes de culture avec engrais vert couché au rouleau FACA : culture à plat sur l'engrais vert couché avec ferti-irrigation et sans herbicide.

**Rappels des pratiques producteurs** : la culture de cette tomate est effectuée en plein champ et de saison, c'est-à-dire d'avril à octobre. La préparation de sol débute par un sous-solage et/ou un labour, puis passage de disques, et élaboration de planches d'entre-axe de 1m70 en moyenne et de plateau de 1,10 à 1,20 m. Sur ces planches, avant plantation, est appliqué un « film » herbicide anti-germinatif de pré-plantation. Si les planches ont été préparées en avance, il est possible que les producteurs appliquent un herbicide non sélectif à base de glyphosate sur les adventices déjà levées ou qu'ils refabriquent à nouveau les planches. La plantation automatisée a ensuite lieu 8 à 10 jours plus tard à une densité de 30 à 36000 plants de tomates en mini-mottes par hectare. Le système d'irrigation par goutte à goutte est déroulé en même temps. Les irrigations sont déclenchées tous les trois jours à 1 fois/jours lors des forts besoins. La culture est ensuite ferti-irriguée par ce système durant son cycle de 100 à 120 jours. Dans les 15 à 21 jours qui suivent la plantation, le producteur applique un herbicide de contact de post-plantation pour les levées d'adventices. Il n'aura ensuite que la possibilité d'utiliser un anti-graminicide jusqu'à la fin du cycle. La récolte est ensuite mécanisée sur une culture qui aura été irriguée et fertilisée pour que la maturité des fruits soit le plus groupée possible.

**Mise ne place du suivi des irrigations** : trois sondes capacitives Sentek ont été placées sur chaque modalité. Ces sondes permettent de mesurer l'humidité du sol en mm, la salinité du sol en VIC (volume total d'ions), et la température du sol sur trois horizons : 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm grâce à des capteurs situés à 5, 15 et 25 cm. Les sondes ont été placées de manière identique pour les trois modalités

- Distance sonde - pieds de tomate = 15 cm en moyenne
- Distance sonde – goutteurs = 25 cm en moyenne.

Des compteurs volumétriques à relevés manuels sont positionnés sur chaque modalité.

La plantation a eu lieu le jeudi 8 juin 2017, les températures sont déjà estivales. Lors de la pose des sondes, le sol est en humidité modérée, les 1ères irrigations goutte-à-goutte n'ont pas été suffisamment efficaces (lié à un problème de pression insuffisante sur le réseau détecté lors du diagnostic du réseau).

Les sondes capacitives ont été positionnées à 15 cm du goutte-à-goutte entre 2 plants sur le rang de plantation, le lundi 12 juin matin.

La largeur de butte est = 1,2 m, le goutte-à-goutte Aquatraxx 1,14 l/h à 1b, esp 30 cm, la pluviométrie théorique de l'installation est de 3,8 mm/h sur la largeur de la butte de 1,2m.

Le sol est de type argilo-sableux.

L'irrigation a été arrêtée le 1 septembre.

La récolte a eu lieu le 15 septembre.

L'irrigation est déclenchée avec un programmateur manuel, la fertilisation est injectée manuellement 1 à 2 fois/semaine.

## Contexte climatique de la campagne 2017

Le climat a été particulièrement chaud et venté de juin à septembre. Début août un vent sud-saharien a soufflé pendant plusieurs jours et a mis la culture en condition de stress hydrique importante.

Les pluviométries ont été très faibles de l'ordre de 15 mm sur la campagne de culture.

Le 13, 14 et 15 juillet, les ETRéf ont été comprises entre 8 et 9,58 mm/j

Le 5 août l'ETRéf a atteint 8,91 mm/j

## Action A : Expertise hydraulique

L'expertise hydraulique terrain a été réalisée au cours de la visite du 12 juin matin.



## Equipement de la parcelle

Goutte-à-goutte gaine AquatraXX débit 1,14l/h à 1 bar, esp 0,33 m, pression de service 0,3 à 1,1 bar



Régulateur de pression 6 têtes ressorts noir en tête de parcelle



**Grosse pompe** : Pompe DAB NKP- G-40-160 débit nominal 45 m<sup>3</sup>/h, Pression 2,8 Bar



**Petite pompe** : Débit nominal 20 à 80 l/min soit 1,2 à 4,8 m<sup>3</sup>/h, Pression 6,25 à 2,4 Bar

## Calcul Théorique des débits à la parcelle

La parcelle comprend plusieurs postes d'irrigation qui ne concerne pas l'essai

Débit goutte-à-goutte = 3,42 l/h/m à 1 bar

Electrovanne 1 : 12 rangs      **Total débit electrovanne 1= 7,3 m<sup>3</sup>/h**

Electrovanne 2 : 8 rangs      **Total débit electrovanne 2= 4,8 m<sup>3</sup>/h**

Electrovanne 3 : 6 rangs      **Total débit electrovanne 3 = 3,3 m<sup>3</sup>/h**

Electrovanne 4 : 6 rangs SYSTOM      **Total débit electrovanne 4 = 3,3 m<sup>3</sup>/h**

**Total débit parcelle = 18,7 m<sup>3</sup>/h**

## Fonctionnement de la pompe

Grosse pompe : Le débit nominal de la pompe est de 45 m<sup>3</sup>/h son fonctionnement est optimum à débit +/- 30% du débit nominal

**Plage de fonctionnement de la pompe de 31,5 m<sup>3</sup> /h à 58,5 m/h**

Petite pompe n'est pas utilisée pour l'essai.

## Test de pression à la parcelle

Un test de pression en fin de goutte à goutte a montré une pression proche de 0,2 bar, cette pression est anormale.



## Pour assurer un bon fonctionnement du réseau :

Le réducteur de pression doit être vérifié, et les ressorts changés.

Une prise de pression après le régulateur peut être mise en place sur un collier

de prise en charge afin de vérifier son bon fonctionnement et maîtriser la pression sur l'essai au cours de la campagne d'irrigation.

Les essais Ardepi réalisés en 2012 sur la gaine AquatraXX montrent une gaine avec de bonne performance (coefficient de variation proche de 0,3), les tests ont été réalisés à des pressions comprises entre 0,5 à 2 bar.

La pression sur la parcelle doit être plus importante afin de respecter la pression de fonctionnement de la gaine.

La parcelle entière peut être irriguée à l'aide de la grosse pompe (selon courbe de la pompe l'installation d'une vanne de décharge sera nécessaire).

La mise en route des rangs d'essai séparé peuvent être irrigués avec la petite pompe avec un débit minimum de 1,2 m<sup>3</sup>/h à 4,8 m<sup>3</sup>/h maximum (soit de 5 rangs de 80m minimum). **L'utilisation de la grosse pompe sans ballon de surpression et de variateur de vitesse peut poser des problèmes de surchauffe du moteur.**



### **Action B : Expertise sur le pilotage des irrigations 2017**

Un suivi du niveau d'humidité du sol en mm, un niveau de salinité en VIC

(volume total en ions) et des températures du sol a été réalisé à l'aide de sonde capacitive Sentek équipée de 3 capteurs.

Le pilotage des irrigations est manuel.

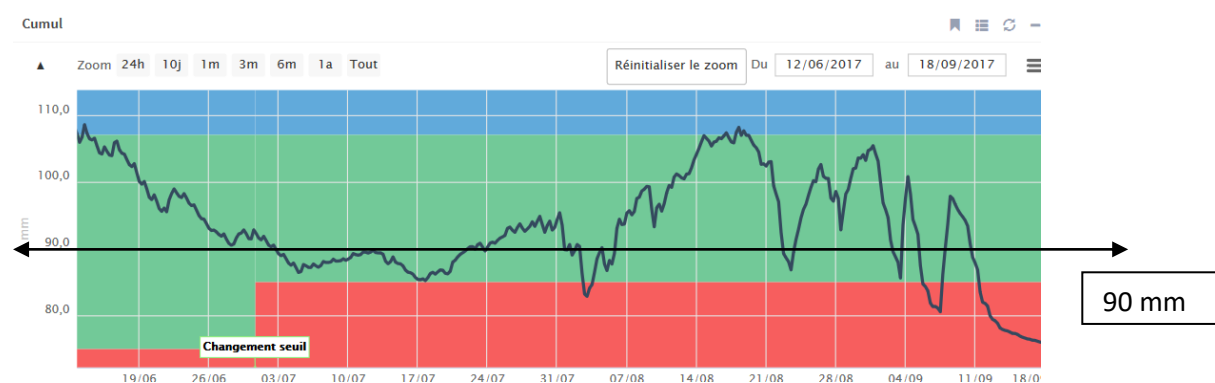
### **Systeme de culture broyé du producteur (référence) 2017**

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par la Sonito sur une conduite de producteur déjà formé à l'optimisation de l'irrigation. L'Ardepi a apporté son expertise afin d'interpréter les courbes des sondes capacitatives.

La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en gardant une humidité de confort afin de sécuriser le rendement.

Les doses d'irrigation sont apportées habituellement une fois par jour, le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner 3 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs. Pour sécuriser la production, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 85 mm.

### ***Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité producteur 2017***



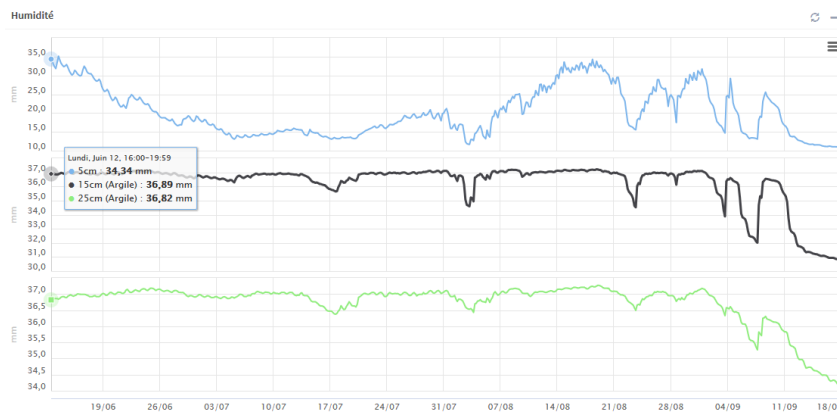
La courbe des cumuls représente l'humidité du sol en mm, sur l'horizon 0 – 25 cm de profondeur (extrapolation de l'humidité par les 3 capteurs d'humidité à 5 cm, 15 cm et 25 cm).

La courbe des cumuls varie fortement selon les périodes, cette variabilité est principalement due à la forte variation du capteur 5 cm. En regardant les humidités enregistrées par capteur (graphique ci-dessous), on remarque que les courbes 15 et 25 cm, sont assez stables sur la période de suivi.

La courbe des cumuls est principalement située au-dessus de 90 mm.



## Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité producteur 2017



De la plantation à début septembre, les humidités à 15 cm et 25 cm sont de 36,8 mm, ce qui représente une humidité de grand confort pour ce type de sol.

Les courbes chutent à plusieurs reprises, liées à des incidents d'alimentation en eau du réseau et des demandes climatiques très fortes au 14 juillet avec un fort mistral. Début août un vent du sud souffle durant plusieurs jours.

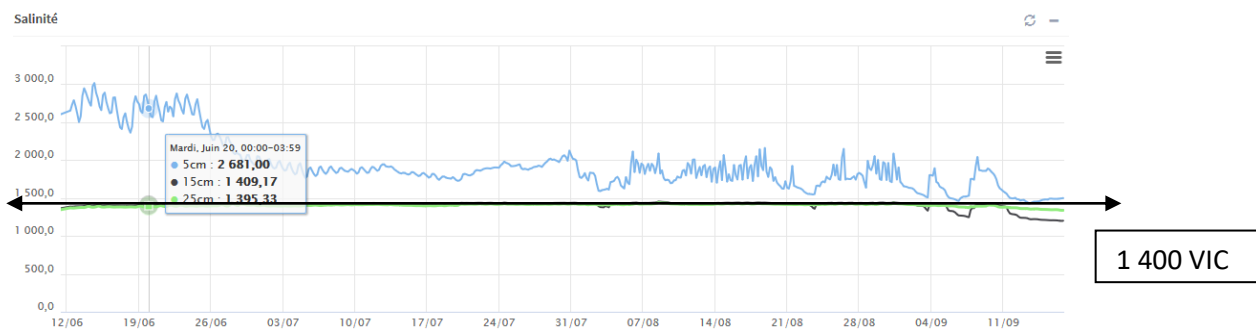
Un autre problème c'est rajouté sur cette modalité, le désherbage chimique n'a pu être fait, l'herbe a envahie le rang de plantation. L'herbe a fait concurrence aux plants de tomate, et la production a été faible.

Le volume des irrigations apporté sur cette modalité a été de 3 352 m<sup>3</sup>/ha, ce volume est un volume maîtrisé, adapté aux conditions climatiques de cette année.

Le rendement obtenu par la modalité de l'essai a été de 27 T/ha. La référence régionale (données Sonito) est de 83 T/ha cette année là.

**Dans les résultats annuels 2017, nous prendrons la référence régionale de rendement producteur à 83 T/ha.**

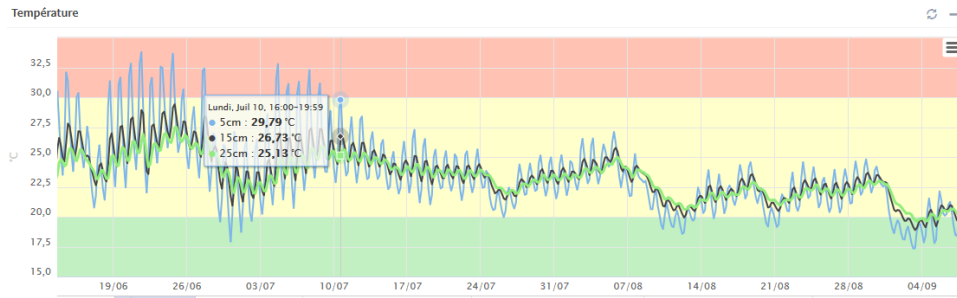
## Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité producteur 2017



La salinité à 5 cm évolue de 2 680 VIC à 1 550 VIC. Les salinités à 15 et 25 cm évoluent autour de 1 400 VIC.

La fertilisation apportée sur la modalité producteur a été de 116 unités d'Azote, 172 unités de Phosphore et 227 unités de Potasse (données Sonito).

## Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité producteur 2017



Les températures du sol à 15 cm ont été très élevées en début de culture au 24 juin, allant jusqu'à 29,7 °C à 19h45. On remarque ensuite que les courbes baissent, les doses d'irrigation sont au même moment augmentées, les apports d'eau refroidissent le sol pour arriver au 1<sup>er</sup> juillet à une température à 15 cm à 24,10 °C à 19h45.

Les températures au 10 juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 26,73°C et à 25 cm de 25,13°C.

## Système de culture avec paillage biodégradable 2017

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par la Sonito avec l'appui de l'expertise de l'Ardepi.

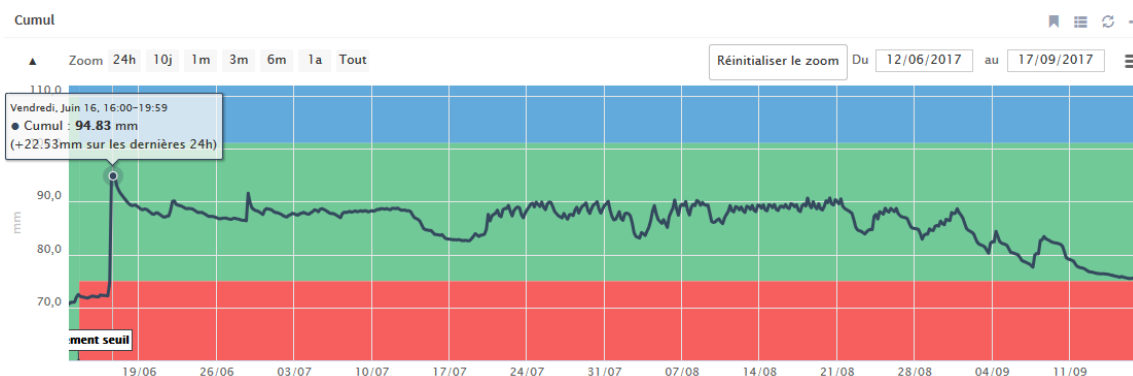
La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations.

Le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner jusqu'à 5 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs.

Pour optimiser les volumes d'eau apportés, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 75 mm.

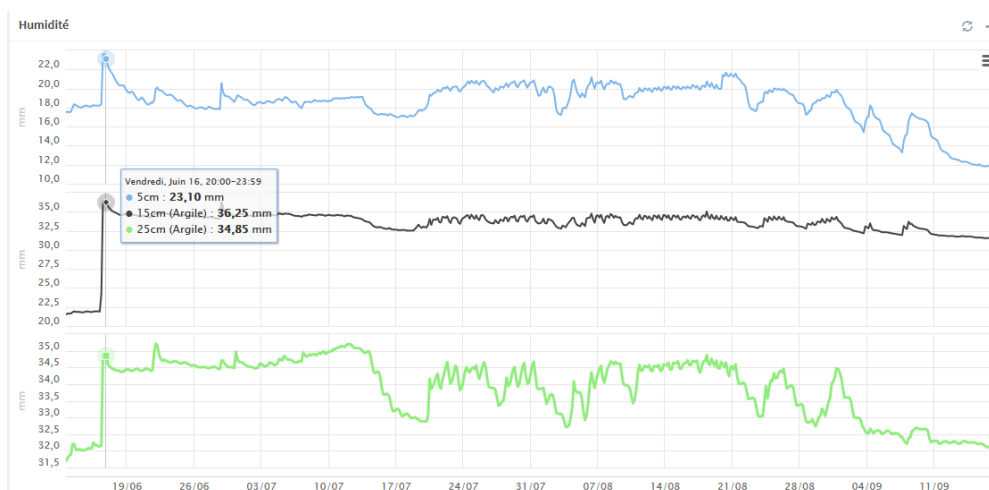


### Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2017



La courbe des humidités cumulées est dans l'ensemble assez régulière. Les humidités ont été facilement maîtrisables du fait d'une évaporation limitée grâce au paillage plastique. La variabilité du capteur 5 cm impacte moins la courbe des cumuls. A partir du 21 août la courbe baisse jusqu'à atteindre la zone de stress hydrique en fin de culture.

### Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2017

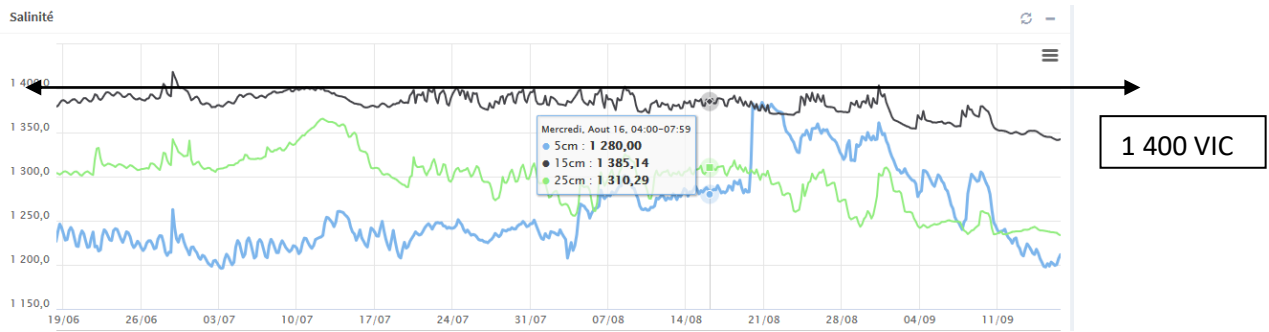


Les irrigations ont été apportées de manière à limiter les lessivages. La courbe à 25 cm montre une baisse plus marquée que sur la courbe à 15 cm. Ce qui veut dire que l'eau est davantage consommée sur cet horizon et que l'eau descend recharge moins la profondeur. Les humidités sont situées entre 34 et 32 mm au 17 juillet.

Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 2702 m<sup>3</sup>/ha. Ce volume est inférieur au volume apporté sur la modalité producteur.

Le rendement obtenu par la modalité paillage plastique a été de 65 T/ha. Le rendement de la modalité producteur a été de 83 T/ha.

### **Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité paillage biodégradable 2017**



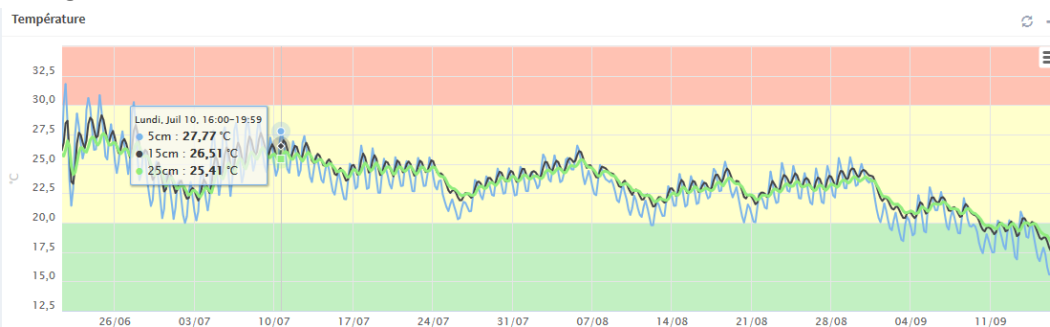
Les salinités à 15 et 25 cm sont comprises 1 300 et 1 400 VIC. Elles sont en dessous de 1 400 VIC drant toute la campagne d'irrigation.

La fertilisation apportée sur la modalité paillage a été de 68 unités d'Azote, de 31 unités de Phosphore et de 171 unités de Potasse (données Sonito).

La différence d'apport de fertilisation est de :

	PRODUCTEUR	PAILLAGE	Différence
N	116	68	-48
P	172	31	-141
K	227	171	-56

### **Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2017**



Les températures sous paillage au 10 juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 26,51°C et à 25 cm de 25,41°C.

### **Systèmes de culture avec engrais vert couché au rouleau FACA 1 2017**

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par la Sonito avec l'appui de l'Ardepi.

La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations.

Le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner jusqu'à 5 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs.

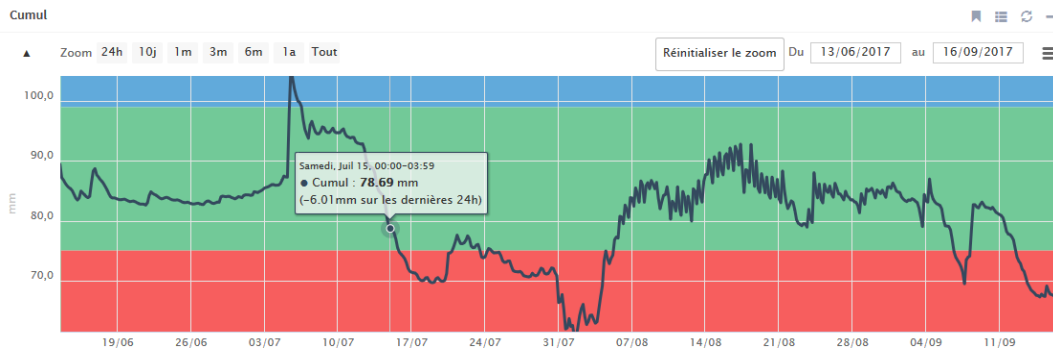
L'engrais vert a été positionné par le producteur à l'automne 2016, celui-ci



été composé de

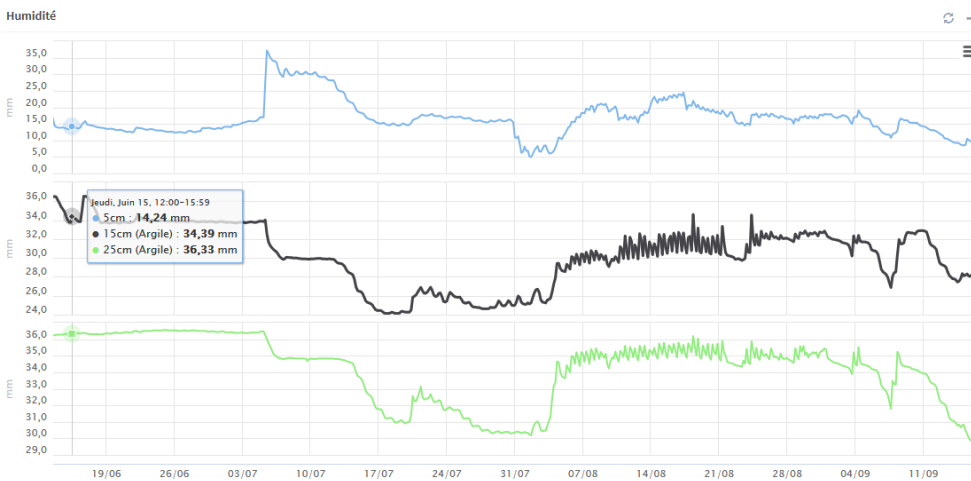
Pour optimiser les irrigations, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 75 mm.

### ***Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité engrais vert couché 2017***



La courbe des cumuls a eu une forte variabilité, une partie de la courbe évolue dans la zone de stress hydrique, alors que les apports d'eau sont d'un volume plus important que ceux de la modalité précédente. L'engrais vert couché a été difficilement maîtrisable, celui-ci est reparti en végétation et a fait concurrence en eau à la culture de tomate.

### ***Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2017***

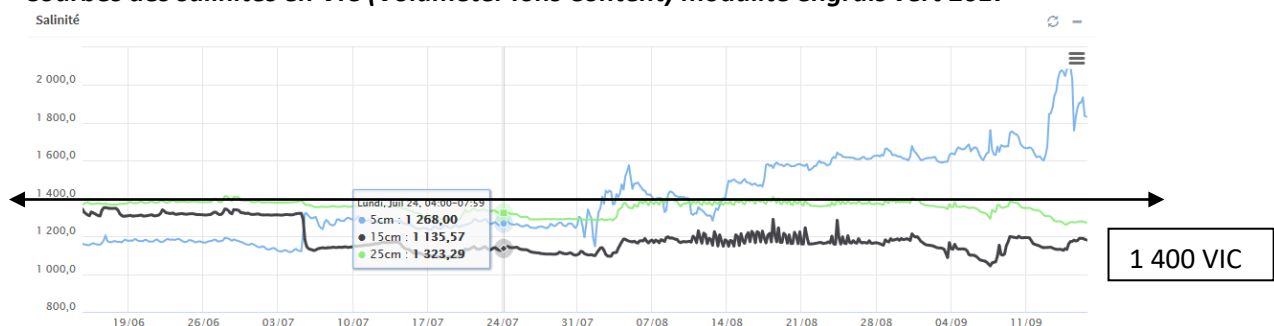


Les courbes à 15 cm et 25 cm évoluent de manière similaire, avec des niveaux d'humidité compris entre 24 et 30 mm du 17 juillet au 31 juillet, ce qui représente une humidité très modérée pour ce type de sol. Le contrôle à la tarière a montré un sol séchant.

Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 3 281 m<sup>3</sup>/ha, ce qui est proche de ce qui a été apporté sur la modalité producteur.

Le rendement de cette modalité a été très mauvais avec 10 T/ha. L'itinéraire technique de cette modalité doit être réétudié.

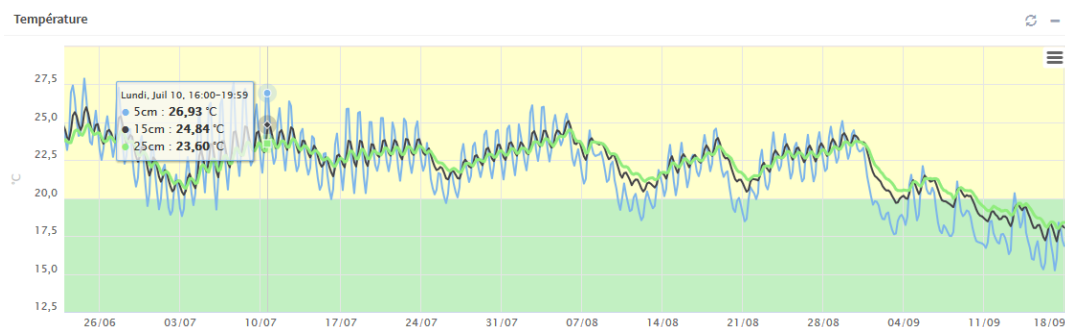
### ***Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité engrais vert 2017***



Les salinités à 15 et 25 cm sont comprises jusqu'au 31 juillet entre 1 135 et 1 300 VIC. Ces niveaux en VIC sont modérés. La fertilisation apportée sur la modalité engrais vert a été identique à la modalité paillage plastique, soit de 68 unités d'Azote, de 31 unités de Phosphore et de 171 unités de Potasse (données Sonito).

**En comparant les niveaux de VIC sur la modalité paillage plastique et engrais vert, le niveau de 1 400 VIC peut être considéré comme un seuil moyen d'éléments fertilisants.**

### ***Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité engrais vert couché 2017***



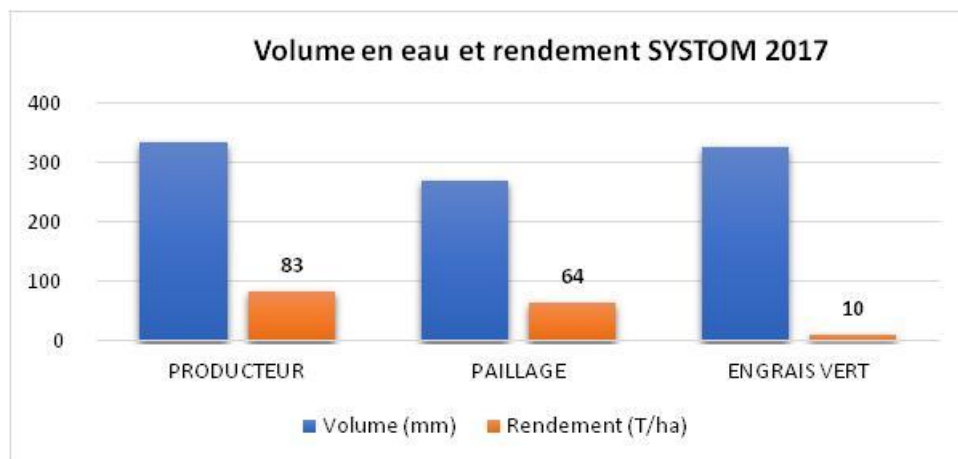
Les températures sous paillage au 10 juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 24,84°C et à 25 cm de 23,60°C.

## Synthèse de l'année 2017

Seuils de pilotage recommandé pour les producteurs pour un sol argilo-sablo-limoneux.

Seuils de la courbe des humidités cumulées	en mm
Seuil haut	110
Seuil moyen	90
Seuil bas	85
Seuil de la courbe de la salinité	en VIC
Seuil moyen	1 400

**Bilan des apports en irrigation de la campagne et des rendements obtenus**



La baisse de rendement sur la modalité paillage biodégradable est induite par de la réduction de l'irrigation et de la fertilisation (voir dossier Sonito sur la conduite de la fertilisation).

### **Bilan 2017 et perspectives 2018**

L'utilisation de sondes capacitives Sentek en cultures de tomate plein champ a permis de piloter les irrigations. La transmission des données toutes les 10 mm donne une grande précision du déplacement du flux d'eau dans le sol et nous a amené à fractionner les irrigations jusqu'à 5 irrigations/jours lors des forts besoins.

Les conditions climatiques et certains problèmes d'alimentation en eau du pompage au cours de la campagne ont successivement pénalisé l'implantation et la production de la parcelle d'essai.

Pour une meilleure réactivité aux conditions climatiques très changeantes sur la campagne, il serait nécessaire d'installer un système de pilotage à distance. Celui-ci permettrait d'ajuster les irrigations aux plus près des besoins des plantes.

La technique de paillage a engendré une économie d'eau de 16% par rapport à une modalité sans paillage, le niveau de rendement de cette modalité a été légèrement inférieur au rendement du producteur. Le pilotage de l'irrigation et de la fertilisation doit être amélioré pour que le rendement ne soit pas impacté.

Le paillage plastique permet d'éliminer totalement les apports en herbicide sur la parcelle, il est une alternative technique intéressante. L'économie d'eau et de fertilisation doit être vérifiée avec l'objectif d'atteindre un rendement supérieur.

**Les résultats obtenus doivent être reconduits sur une nouvelle année de culture, avec une plantation plus précoce.**

# Compte rendu campagne 2018

## Matériels et méthodes

Trois modalités de conduite de la tomate plein champs ont été comparées durant cette première 2018.

- Système de culture classique du producteur (référence) : culture sur planches avec ferti-irrigation et désherbage chimique.
- Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage, ferti-irrigation et sans herbicide.
- Systèmes de culture avec engrais vert couché au rouleau FACA : culture à plat sur l'engrais vert couché avec ferti-irrigation et sans herbicide.
- 

Trois sondes capacitives Sentek ont été placées sur chaque modalité. Ces sondes permettent de mesurer l'humidité en mm, la salinité en VIC (Volumeter Ions Content), et la température du sol en C°, sur trois horizons : 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm grâce à des capteurs situés à 5, 15 et 25 cm.

Les sondes ont été placées de manière identique pour les trois modalités,

- Distance sonde - pieds de tomate = 15 cm en moyenne
- Distance sonde – goutteurs = 25 cm en moyenne.

La plantation a eu lieu le 26 mai, le sol était en humidité modérée, une pluie quelques jours avant avait retardé la plantation et la pose des sondes. La sonde a été positionnée à 15 cm du goutte-à-goutte entre 2 plants sur le rang de plantation. Largeur de butte = 1,2 m. Le goutte-à-goutte est une gaine Aquatraxx 1,14l/h à 1b, esp 30 cm, la pluviométrie théorique de l'installation est de 3,8 mm/h sur la largeur totale de la butte. Le sol est de texture argilo-sablo-limoneux.

La parcelle a été alimentée par une borne du Canal-du-Rhône, équipée d'un filtre à sable, d'un régulateur de pression.

Le réseau goutte-à-goutte a été équipé d'un système de vannes programmables connectés (l'ouverture et la fermeture des vannes est faite à distance depuis un ordinateur ou un Smartphone), et de compteur connectés de type SOLEM. La surveillance des débits et la réactivité du pilotage est maintenant adaptée aux besoins de l'essai.

L'arrêt de l'irrigation a eu lieu le 15 août et la récolte a été effectuée le 03 septembre.

## Contexte climatique de l'année la campagne 2018

Les températures ont été dans les normales de saisons. Quelques pluies entre le 13 mai et le 15 juin ont apporté environ 63 mm efficaces. Les températures ont été chaudes à partir du 15 juin sans pluie jusqu'au 9 août.

Le 9 août, un orage violent a apporté 134 mm en quelques heures.

## Action A : Expertise hydraulique

Cette année, le contrôle du réseau d'irrigation, des pressions, l'entretien de la filtration a été réalisé par la Sonito.



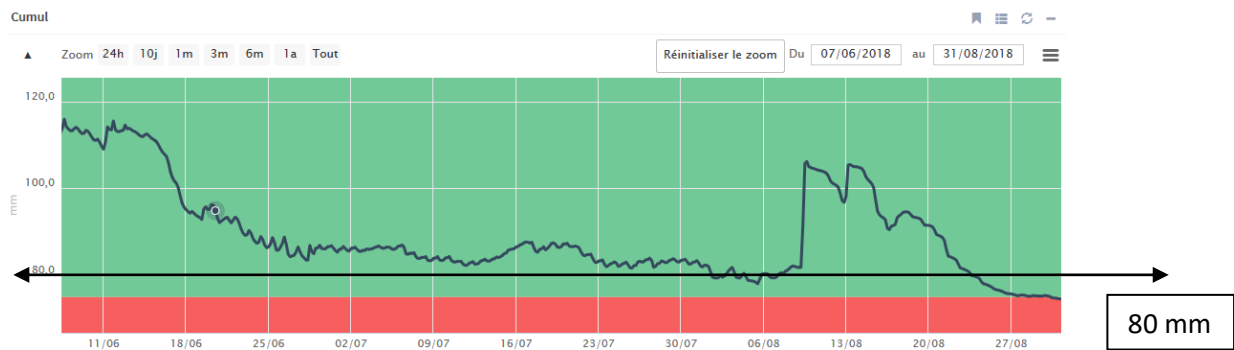
## Action B : Expertise sur le pilotage des irrigations

### Système de culture classique du producteur (référence) 2018

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par le producteur déjà formé à l'optimisation de l'irrigation.

Les doses d'irrigation sont apportées habituellement une fois par jour, le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner 3 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs. Afin d'optimiser l'irrigation, le seuil de la zone de stress hydrique a été noté à 75 mm (en 2017, elle avait été noté à 85 mm).

### ***Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité producteur 2018***



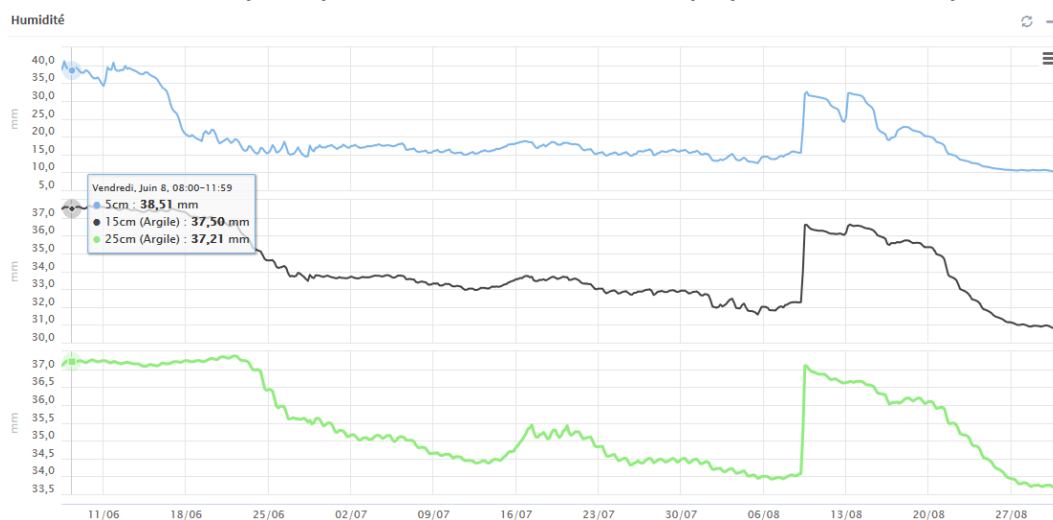
La courbe des cumuls est assez régulière, le pilotage de l'irrigation est maîtrisé. Après le 15 juin les températures augmentent fortement les consommations, l'irrigation est maintenue en dessous des besoins afin de laisser les racines descendre dans le sol, de ce fait la courbe des cumuls baisse. L'irrigation maintient ensuite la courbe dans le bas de la zone verte, jusqu'à atteindre 80 mm début août.

Le pique du 9 août est la conséquence de l'orage qui a apporté une masse de 134 mm mesuré à la station météo de la Sonito placé au bord de la parcelle.

Le 9 août, la courbe des cumuls enregistre un apport d'eau de 34 mm, c'est le volume d'eau efficace de cet orage.

A la fin de culture le seuil de stress hydrique, évalué à 75 mm, est atteint.

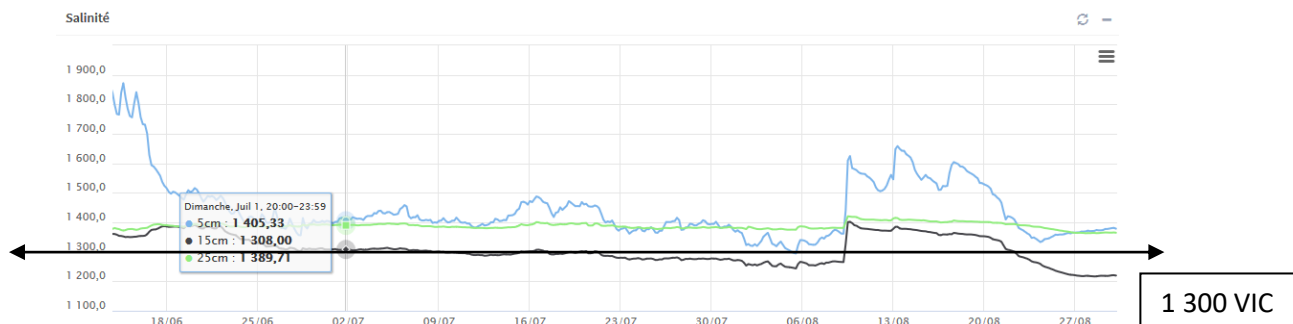
### ***Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité producteur 2018***



Les courbes d'humidité réagissent de manière très similaire, avec des niveaux d'humidités confortables tout au long de la campagne. A 15 cm elles ne descendent pas en dessous de 32 mm, ces humidités représentent une situation de confort modéré. A 25 cm les humidités se situent au-dessus de 34 mm. Ces humidités représentent une humidité de confort.

Le pique du 9 août correspond à l'orage, qui a redonné un grand confort à la parcelle.  
 L'humidité de la parcelle correspond à une humidité de confort hydrique pour les plantes.  
 Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 5 760 m<sup>3</sup>/ha. Ce volume d'apport en irrigation est assez élevé.  
 Le rendement de cette modalité a été de 65 T/ha.

### ***Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité producteur 2018***

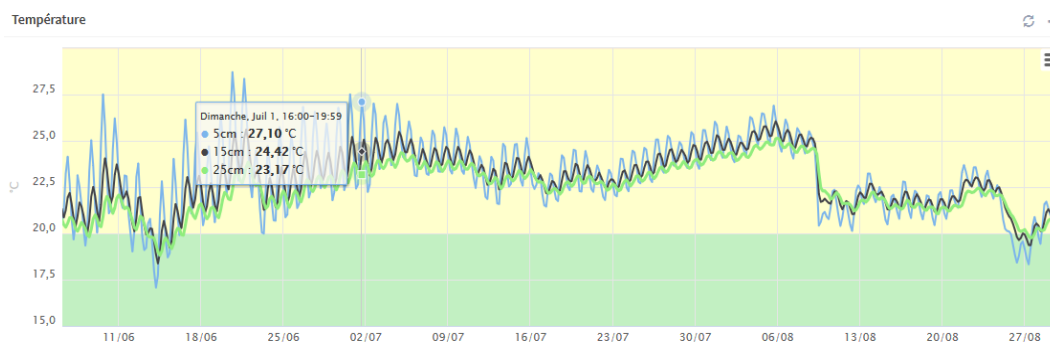


Les salinités à 15 et 25 cm sont comprises du 18 juin au 9 août entre 1 300 et 1 400 VIC. La pluie du 9 août fait remonter des niveaux de VIC à 1 400 VIC, cet apport d'eau remet les éléments en solution dans le sol. Ces niveaux en VIC sont plutôt élevés.

Le 9 août, on remarque un pique élevé alors qu'aucune fertilisation n'a été apportée ce jour là. Ce pique est en lien direct avec l'augmentation de l'humidité du sol apportée par l'orage du 9 août : L'apport d'eau remet en solution les éléments fertilisants stockés dans le sol.

La fertilisation apportée par le producteur a été 128 unités d'Azote, 172 unités de Phosphore et 267 unités de Potasse (données Sonito).

### ***Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité producteur 2018***



Les températures sous paillage au 1<sup>er</sup> juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 24,42°C et à 25 cm de 23,17°C.

## Système de culture avec paillage biodégradable 2018

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par la Sonito avec l'appui de l'expertise de l'Ardepi.

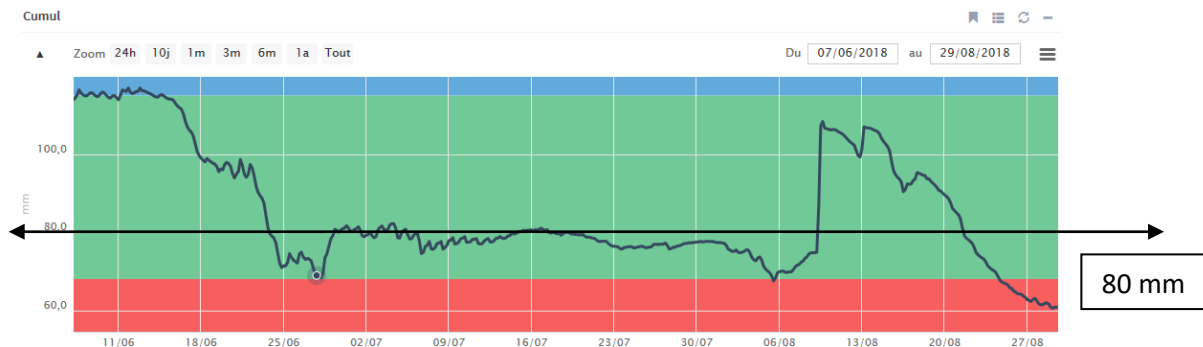
La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations.

Le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner jusqu'à 5 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs.

Pour optimiser les apports en eau, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été descendu à 68 mm.

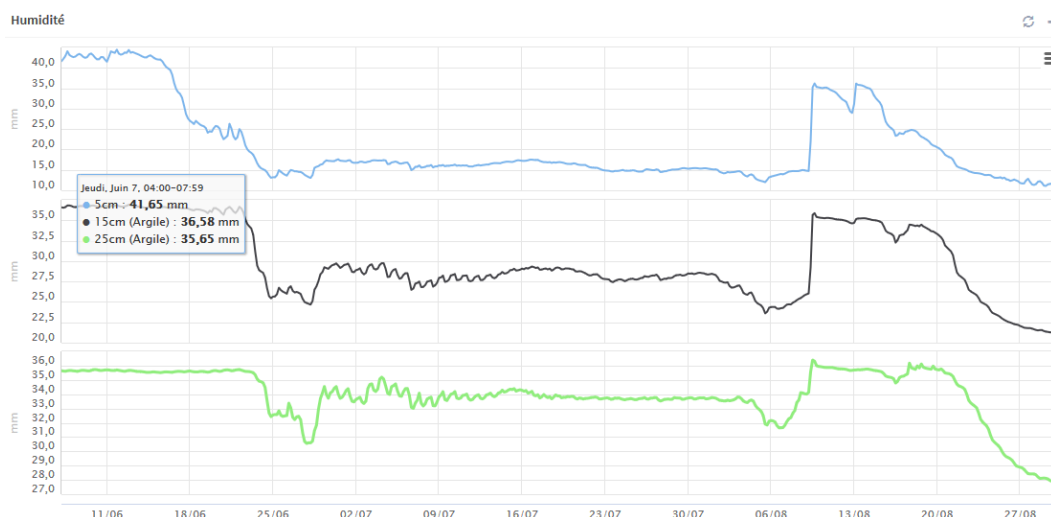


### Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2018



La courbe des cumuls montre une humidité en forte baisse du 18 juin au 28 juin. La courbe des cumuls est ensuite stabilisée à 80 mm. La courbe atteint le bas du seuil de pilotage fixé à 68 mm à deux reprises. L'orage survenu le 9 août redonne du confort hydrique à cette modalité, elle redescend ensuite en dessous de 80 mm le 21 août. La modalité est restée en grand confort hydrique pendant 12 jours.

### Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2018



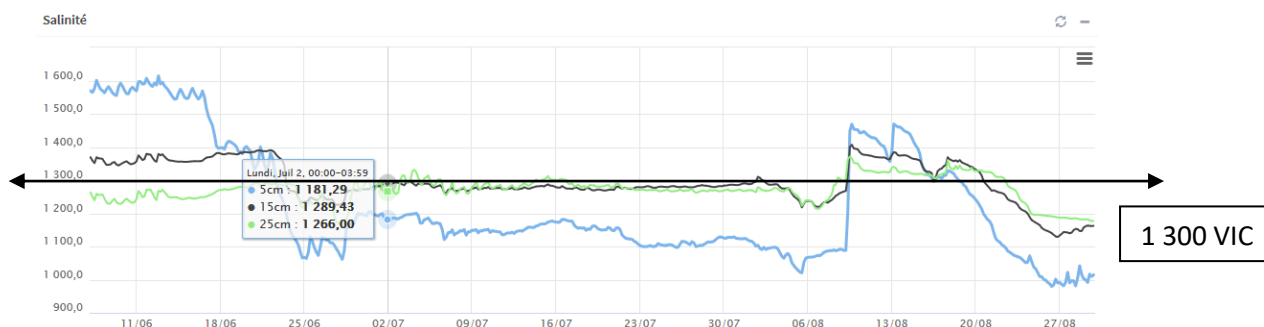
Les courbes des 3 capteurs évoluent très similairement. Les humidités à 15 cm ont atteint 25 mm au 23 juin, en évoluant ensuite tout le mois de juillet autour de 27,5 mm, ce qui représente une situation séchante. A 25 cm les humidités sont descendues à 31 mm, en évoluent tout le mois de juillet autour de 34 mm, ce qui est une humidité de confort modéré.

**L'humidité de la parcelle correspond à une humidité de confort hydrique modéré pour les plantes.**

Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 3 220 m<sup>3</sup>/ha, ce volume est très optimisé. Le rendement de cette modalité a été de 77 T/ha, l'objectif de conservation d'un rendement commercial est satisfaisant.

Cette année, le rendement économique pu être maintenu avec une économie d'eau de 42% par rapport à la modalité producteur.

### ***Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité paillage biodégradable 2018***



Les salinités à 15 et 25 cm sont comprises du 18 juin au 9 août entre 1 300 et 1 200 VIC. La pluie du 9 août fait remonter des niveaux de VIC, cet apport d'eau remet les éléments en solution dans le sol.

**Le niveau de VIC sur cette modalité est inférieur au niveau de VIC de la modalité producteur.**

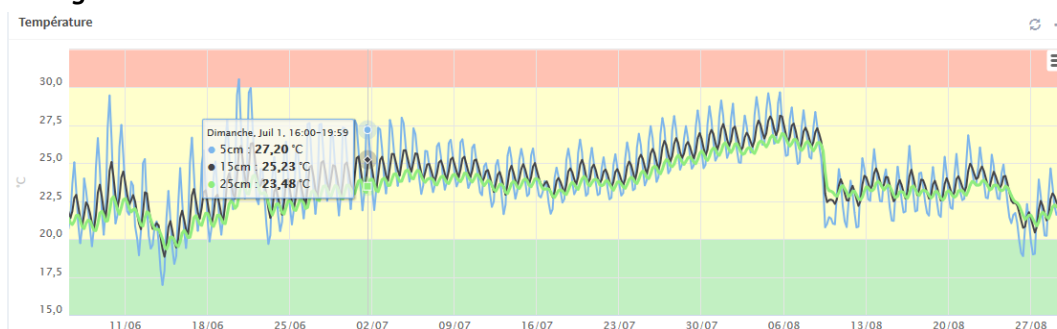
**On observe le même phénomène de pique des VIC, lié à l'augmentation de l'humidité du sol pendant l'orage du 9 août. Cet apport d'eau remet en solution les éléments fertilisants stockés dans le sol.**

La fertilisation apportée par le producteur a été 47 unités d'Azote, 61 unités de Phosphore et 50 unités de Potasse (données Sonito).

**La différence d'apport entre la modalité producteur et la modalité paillage est de :**

	PRODUCTEUR	PAILLAGE	différence
N	128	47	-81
P	172	61	-111
K	267	50	-217

### ***Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2018***



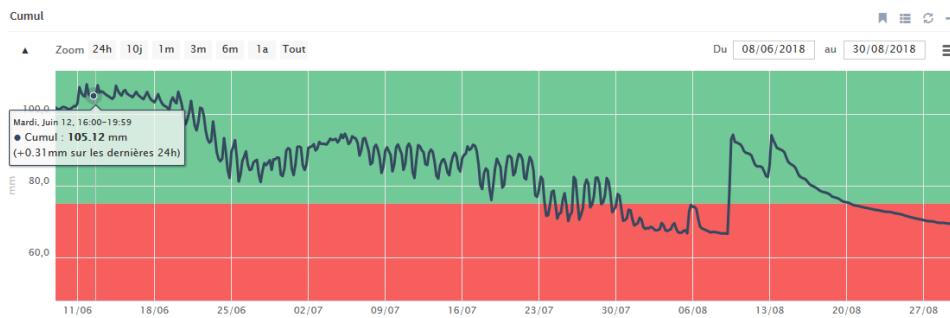
Les températures sous paillage au 1<sup>er</sup> juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 25,23°C et à 25 cm de 23,48°C. La tendance des courbes de températures sous paillage semblent légèrement supérieures aux températures de la modalité producteur sans paillage.

## Systèmes de culture avec engrais vert couché au rouleau FACA 1 2018

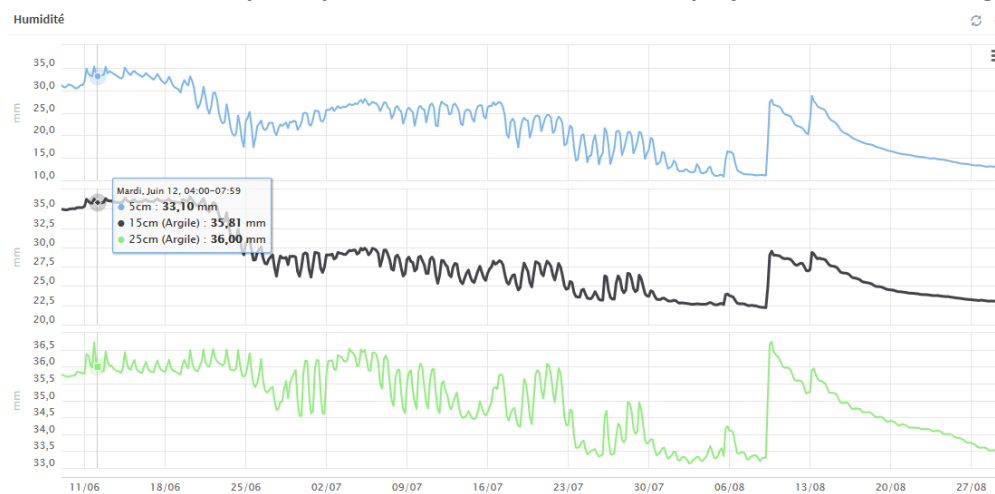
Cette modalité a été mise en place avec un nouveau mélange végétal. L'engrais vert n'a pu être maîtrisé, il a fait concurrence aux plants de tomates. Il n'y a pas eu de production.

Les courbes de cette modalité ne sont pas représentatives, leurs analyses ne seront pas présentées.

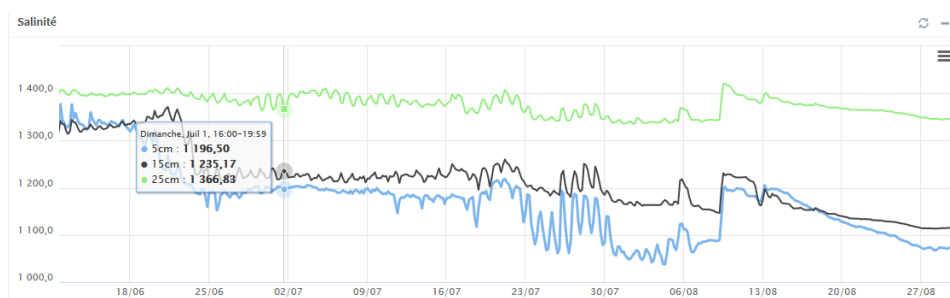
### Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité engrais vert couché 2018



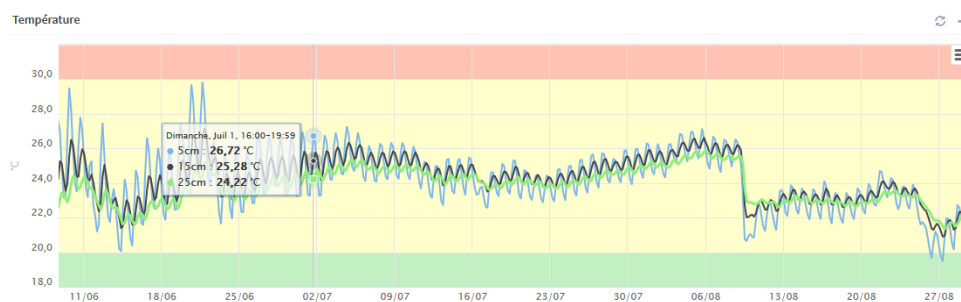
### Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité engrais vert couché 2018



### Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité engrais vert couché 2018



### Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité engrais vert couché 2018

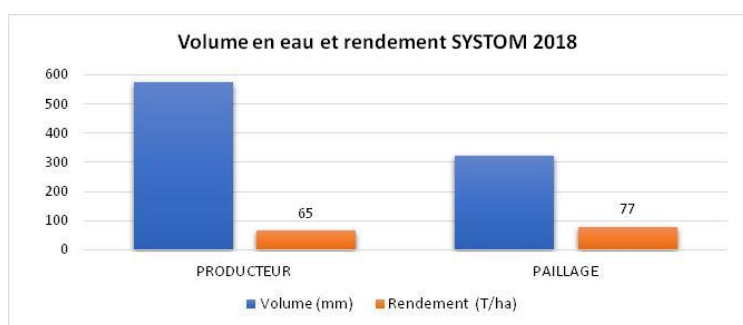


## Synthèse de l'année 2018

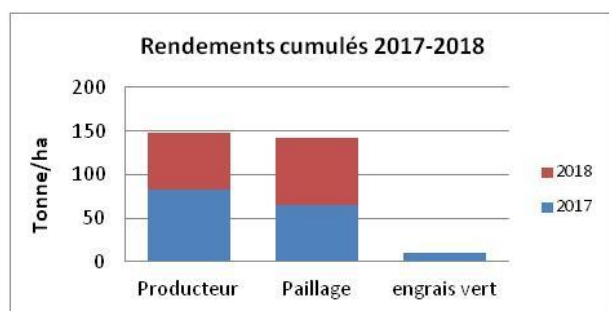
### Seuils de pilotage proposé pour les producteurs pour un sol argilo-sablo-limoneux

Seuils de pilotage courbe d'humidité cumulée en mm	
Seuil haut	115
Seuil moyen	80
Seuil bas	70
Seuil moyen de pilotage salinité en VIC	1 300

### Bilan des apports en irrigation de la campagne et des rendements obtenus

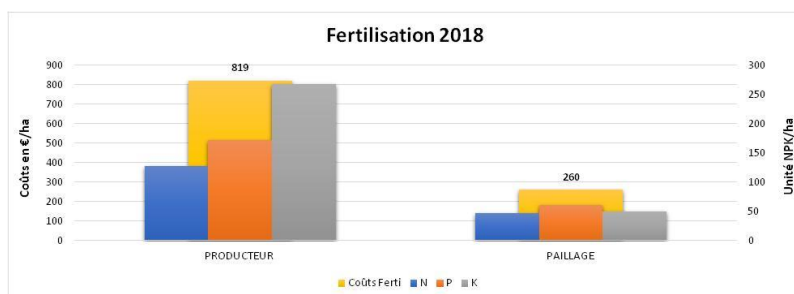


Une économie d'eau de plus 42% a été atteinte sur la modalité paillage plastique tout en maintenant le rendement. Ce résultat a pu être modifié par la pluie du 9 août, **aussi nous considérons qu'une économie d'eau de plus de 20% est possible avec la mise en place d'un paillage plastique.**



Le rendement cumulé sur les 2 années d'essai de la modalité paillage est proche du rendement cumulé obtenu sur la modalité producteur.

### Bilan des apports de fertilisation 2018



L'optimisation de l'irrigation permet un meilleur positionnement de la fertilisation vers la plante, une réduction de la fertilisation est de se fait possible, les niveaux de fertilisation ont été réduits de 31% en azote, 72% en phosphore et 24% en potasse.

## **Bilan 2018 et perspectives 2019**

La modalité engrais vert a été abandonnée en cours de campagne, la gestion de l'engrais vert pose des problèmes forts de concurrence en alimentation hydrique. L'itinéraire technique de cette modalité est doit être totalement ré-étudiée.

Le pilotage de l'irrigation à l'aide des sondes capacitatives est adapté aux cultures de tomate plein champ. Les sondes capacitatives Sentek ont montré de bonnes performances de fonctionnement et de précisions de mesure. Elles permettent de limiter les lessivages d'eau et de fertilisants, et d'utiliser les réserves profondes de l'eau dans le sol.

L'optimisation de l'irrigation est possible dans la mesure où le réseau d'irrigation est performant et permet le fractionnement des irrigations. L'utilisation d'outils connectés, tel que des compteurs d'eau connectés, des électrovannes connectés, sondes capacitatives sont nécessaire pour optimiser les irrigations.

Il est indispensable de vérifier en continue les volumes d'eau passés, leur efficacités ainsi que de pouvoir modifier les irrigations journalièrement.

La surveillance humaine à la parcelle reste indispensable, le contrôle des humidités à la tarière sur plusieurs secteurs de la parcelle, le contrôle visuellement de l'aspect des plantes. Le contrôle du bon fonctionnement du réseau et du goutte-à-goutte, le maintenir d'une filtration performante sont des éléments indispensables pour la réussite de la culture.

Le suivi de l'essai SYSTOM 2018 a permis de mettre en avant une économie d'eau et de fertilisation possible avec la mise en place de paillage plastique en comparaison à la modalité producteur tout en maintenant le rendement commercial pour un producteur.

Le niveau d'humidité du sol influence fortement la mise en solution des éléments fertilisants stockés dans le sol. L'optimisation de l'irrigation et la gestion de la fertilisation, doivent être raisonnées dans une optique d'optimisation de l'absorption des éléments nutritifs par les plantes. Il serait intéressant d'étudier à l'avenir, l'optimisation de l'irrigation et de la fertilisation en corrélation avec des mesures Pilazo.

Le paillage plastique permet d'éliminer totalement les apports en herbicide sur la parcelle, il est une réponse technique intéressante pour faire évoluer les pratiques vers des économies d'eau, de fertilisants et d'herbicide.

La rentabilité économique de cette modalité doit être vérifiée avec le sur-coût engendré par la mise en place et par l'achat du paillage.

**Les résultats de l'essai sont à confirmer sur plusieurs années climatiques différentes.**



# Bilan campagne 2019

## Matériels et méthodes

Deux modalités de conduite de la tomate plein champs ont été comparées durant trois années consécutives (2017-2019).

- Système de culture classique du producteur (référence) : culture sur planches avec ferti-irrigation et désherbage chimique, conduite de l'irrigation par le producteur lui-même.
- Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage, ferti-irrigation et sans herbicide. Conduite de l'irrigation par le personnel de la SONITO.

Deux sondes capacitives Sentek ont été placées sur chaque modalité. Ces sondes permettent de mesurer l'humidité du sol en mm sur trois horizons : 0-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm grâce à des capteurs situés à 5, 15 et 25 cm. Les sondes ont été placées de manière identique pour les deux modalités: distance sonde - pieds de tomate = 15 cm en moyenne, distance sonde – goutteurs = 25 cm en moyenne.



La plantation des tomates a eu lieu le 11 mai. La largeur de la butte est de 1,2 m avec un goutte à goutte par ligne (goutte à goutte Aquatraxx 1,14l/h à 1 bar, espacement goutteur = 30 cm). La pluviométrie théorique est de 3,8 mm/h sur la largeur de la butte. Le sol est de texture argilo-sablo-limoneux.

L'installation des sondes à la parcelle a eu lieu le 13 mai 2019. Le sol était très humide lors de la pose, les valeurs d'humidités sont de l'ordre de 38 mm pour la modalité producteur sur les trois profondeurs. Pour la modalité paillage, l'humidité est comprise entre 34 et 35 mm pour les horizons profonds.

L'arrêt des irrigations a été fait le 13 août et la récolte a été réalisée le 04 septembre.

Le système d'irrigation est entièrement automatisé, et piloté à distance par un système Solem connecté.

## Contexte climatique de l'année la campagne 2019

La campagne 2019 a été particulièrement chaude, avec un épisode caniculaire autour du 25 juin, les températures enregistrées à Orange ont atteint les 46°C, avec des ETRéf de 10 mm/j.

### Action A : Expertise hydraulique

Cette année, le contrôle du réseau d'irrigation, des pressions, l'entretien de la filtration a été réalisé par la Sonito.

### Action B : Expertise sur le pilotage des irrigations

#### Système de culture classique du producteur (référence)

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par le producteur déjà formé à l'optimisation de l'irrigation.

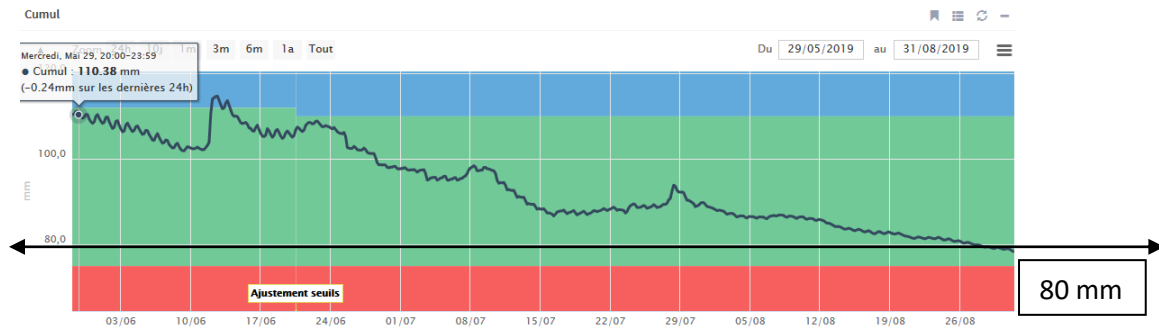
Les doses d'irrigation sont apportées habituellement une fois par jour, le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner 3 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs.

Pour sécuriser la production, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 75 mm.





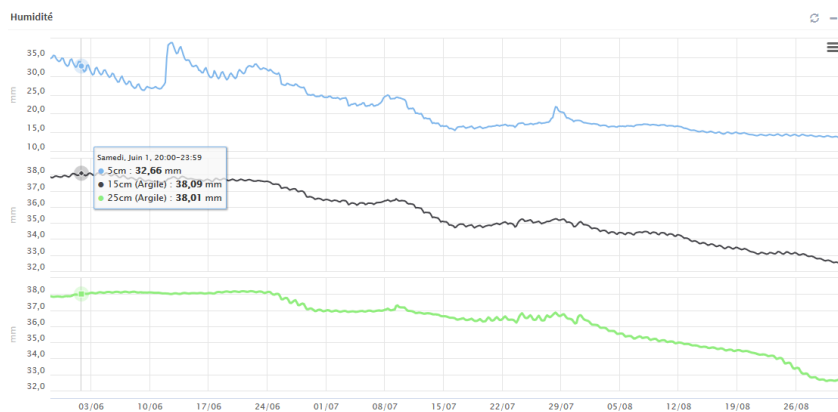
## Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité producteur 2019



La courbe des cumuls montre une humidité baisse régulière tout au long de la campagne. La courbe se situe dans la zone basse de la réserve utile à partir du 15 juillet. Elle continue sa baisse progressive sans atteindre la zone de stress hydrique notée à 75 mm. Ces humidités n'ont pas été en corrélation avec les apports d'eau, des contrôles à la tarière ont confirmé des zones d'humidité hétérogènes. Le goutte-à-goutte a été percé par endroit par une attaque de taupins, et colmaté à d'autres.

Les niveaux d'humidité de cette modalité doivent être considérés avec prudence cette année.

## Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité producteur 2019

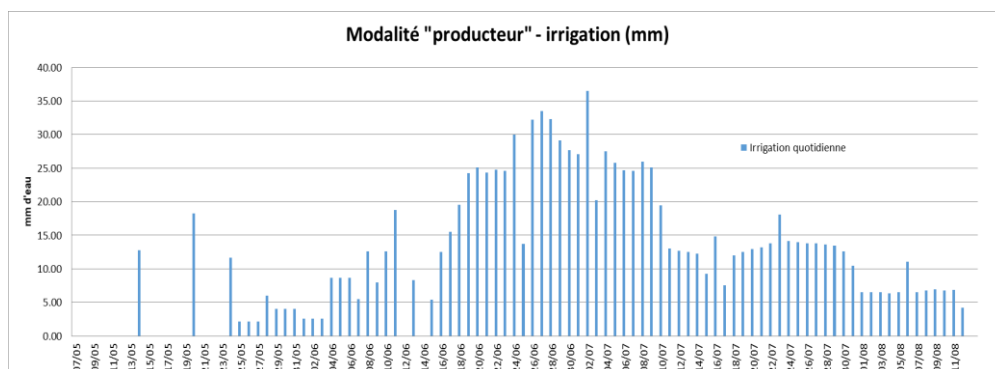


Les courbes des humidités évoluent similairement, la culture est maintenue dans un niveau de grand confort hydrique jusqu'au 29 juillet avec une humidité à 15 cm ne descendant pas en dessous de 34 mm, ce qui représente une situation très confortable. A 25 cm, les humidités sont restées au dessus de 36 mm.

Les courbes descendent ensuite régulièrement jusqu'à 32 mm sur les 2 profondeurs.

**L'humidité de la parcelle correspond à une humidité de grand confort hydrique pour les plantes.**

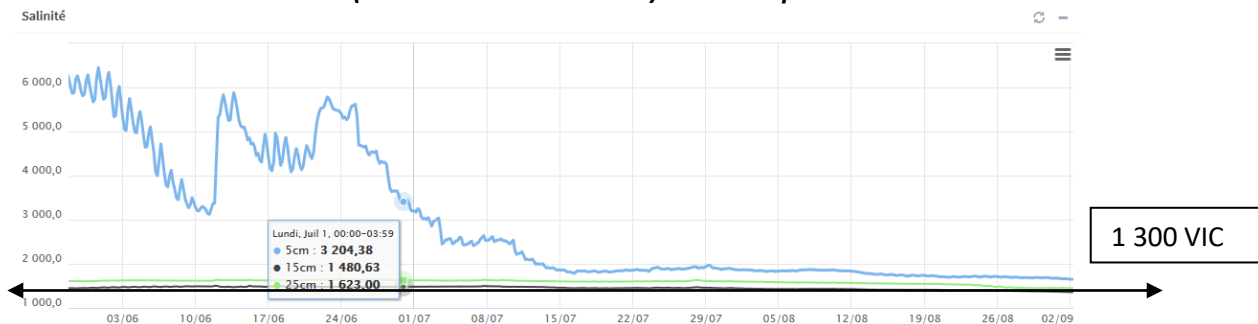
## Bilan des apports journaliers d'eau d'irrigation



Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 6 570 m<sup>3</sup>/ha.

Le rendement de cette modalité a été de 70 T/ha.

## Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité producteur 2019



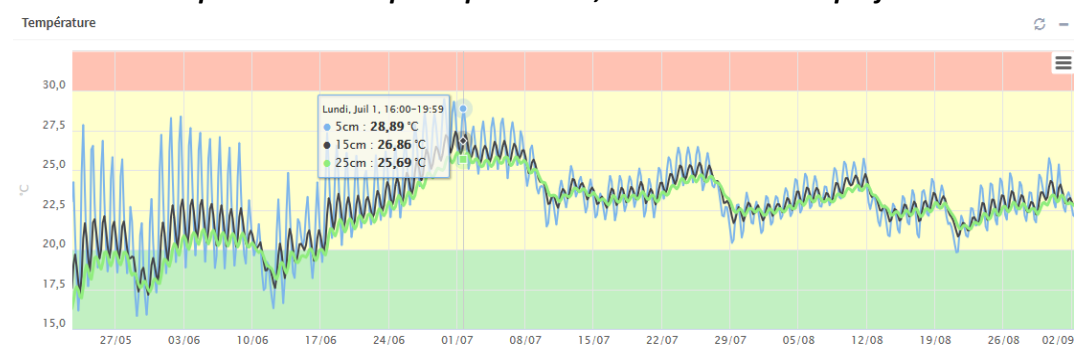
Le niveau de VIC des 3 capteurs ne montrent pas de similitude directe avec les courbes d'humidité cette année.

Le niveau du capteur 5 cm est très élevé de 6 000 à 3 000 VIC jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet.

Les capteurs 15 et 25 cm sont assez élevés toute la campagne, ils sont supérieurs à 1 300 VIC (moyenne que l'on a pu enregistrer les années précédentes). Le producteur aurait été en situation de fertilisation élevée.

La fertilisation apportée par le producteur a été 180 unités d'Azote, 241 unités de Phosphore et 323 unités de Potasse (données Sonito).

## Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité producteur 2019



Les températures sous paillage au 1<sup>er</sup> juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 26,86°C et à 25 cm de 25,69°C.

Ces températures sont supérieures à celle de l'année dernière au même moment. Ces températures sont le reflet de la vague de chaleur qui a eu lieu à cette période.

## Système de culture avec paillage biodégradable

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par la Sonito avec l'expertise de l'Ardepi.

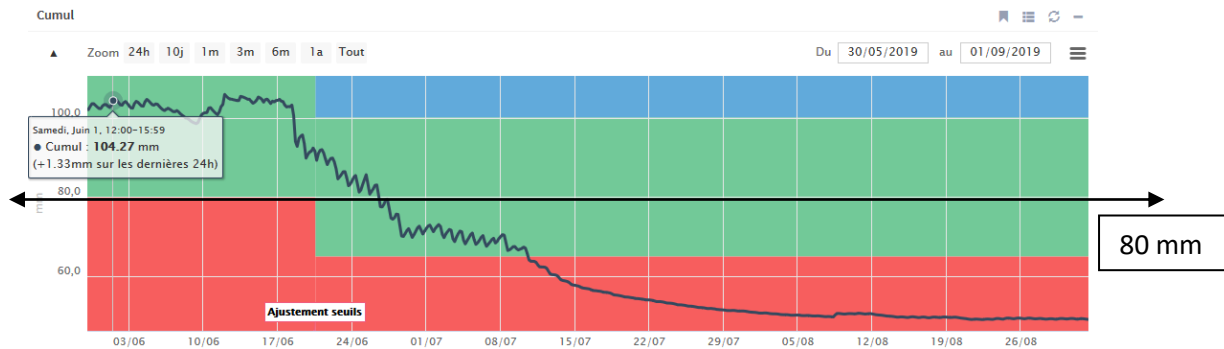
La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations.

Le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner jusqu'à 5 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs.

Pour optimiser le pilotage des irrigations, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 65 mm.



### **Courbes des humidités cumulées de sol de 0 à 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2019**

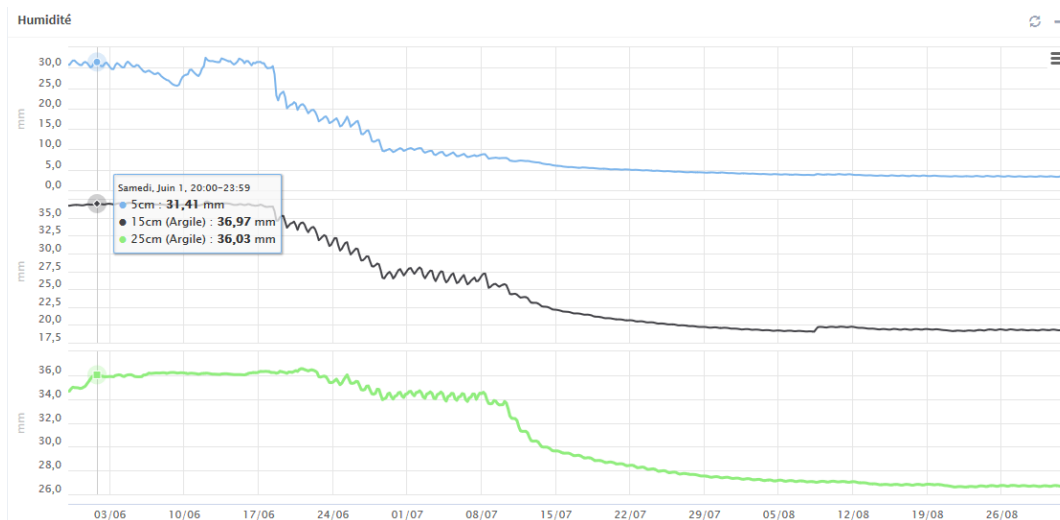


A partir du 18 juin, la courbe des cumuls décroît fortement, pour atteindre la zone de stress hydrique à partir du 10 juillet. Durant cette forte baisse, on voit des piquets qui correspondent aux irrigations.

A partir du 10 juillet, les piquets sont totalement absents malgré les irrigations, le goutte-à-goutte ne diffuse plus l'eau normalement. Après plusieurs contrôles successifs à la tarière, le goutte-à-goutte montrent des points de colmatage près de la sonde. Des alertes ont été faites par l'Ardepi à partir du 10 juillet, la courbe atteint le seuil de stress hydrique.

Les niveaux d'humidité de cette modalité doivent être considérés avec prudence cette année du fait des hétérogénéités d'irrigation (attaques taupins et colmatages).

### **Courbes d'humidité par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2019**



Les courbes d'humidité réagissent de manière très similaire.

A partir du 18 juin, les courbes baissent régulièrement jusqu'au 28 juin puis elles se stabilisent. A 15 cm elles ne descendent pas en dessous de 32 mm, à 25 cm les humidités se situent au-dessus de 34 mm, ces humidités représentent une situation de confort modéré.

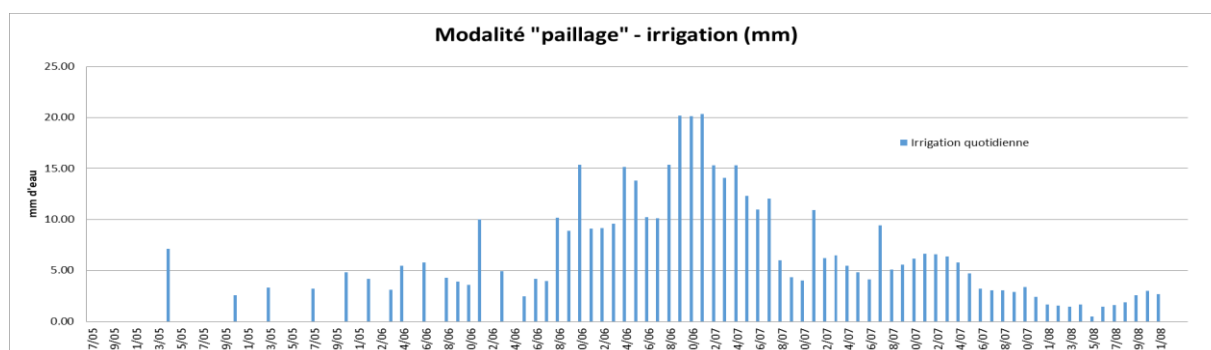
A partir du 10 juillet, les courbes chutent en dessous des 30 mm sur l'ensemble du profil, ce niveau de confort n'est pas suffisant pour alimenter correctement les plantes.

L'humidité de la parcelle correspond à une humidité de confort hydrique jusqu'au 10 juillet, puis une humidité de restriction hydrique jusqu'à la fin de la culture.

Les observations à la tarière confirment un sol séchant début juillet, les apports d'eau ont été insuffisants à partir de cette période.

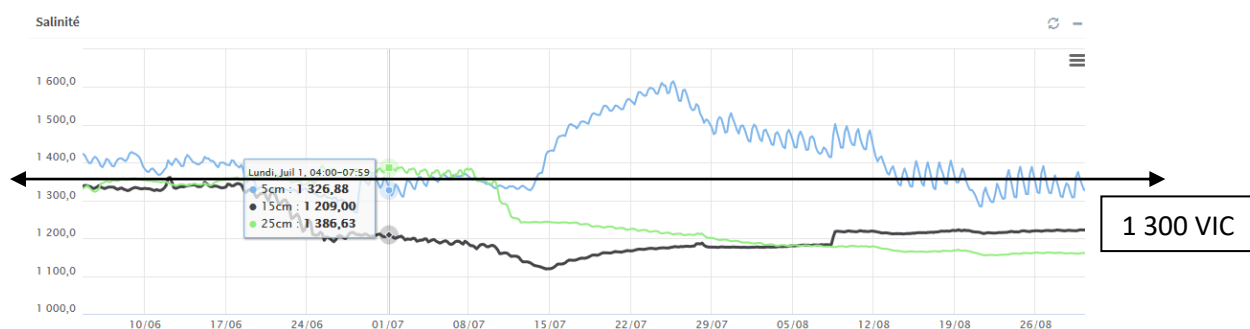
Périodes	Humidité moyenne (mm)			Observations / remarques
	5 cm	15 cm	25 cm	
13/05 – 19/06	31	36	36	Une observation de sol à la tarière le 13/05 et le 28/05 valide une humidité très élevée sur les trois horizons durant cette période.
19/06 – 29/06	10	27	34	Du 19 au 29 juin, l'humidité a chuté (en particulier à 5 et 15 cm) malgré des apports d'eau d'irrigation plus importants. Cela est dû à l'épisode caniculaire du 29 juin 2019.
29/06 – 10/07	7	24	32	Légère baisse des humidités durant cette période (augmentation des doses d'irrigation). Un contrôle à la tarière le 08/07 présente un sol en confort hydrique modéré.
10/07 – 01/09	3	19	26	En fin de campagne d'irrigation, les humidités ont fortement baissé sur les trois horizons. Une vérification à la tarière le 08/08 montrait un sol sec sur les deux premiers horizons et légèrement frais en profondeur.

### Bilan des apports en irrigation



Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 2 810 m<sup>3</sup>/ha. Ce volume est très en dessous des volumes apportés pour ce type de culture, notamment sur une année particulièrement chaude et sèche. Le rendement de cette modalité a été de 58 T/ha, celui-ci a été pénalisé par la conduite de l'irrigation.

### Courbes des salinités en VIC (Volumeter Ions Content) modalité paillage biodégradable 2019



En début de culture, les niveaux de VIC sur les 3 capteurs évoluent de la même manière, ils sont proches de 1 300 VIC jusqu'au 21 juin. Ensuite, la courbe à 15 cm chute ensuite à 1 119 VIC jusqu'au 15 juillet.

A partir du 8 juillet, les 3 capteurs ont une évolution atypique.

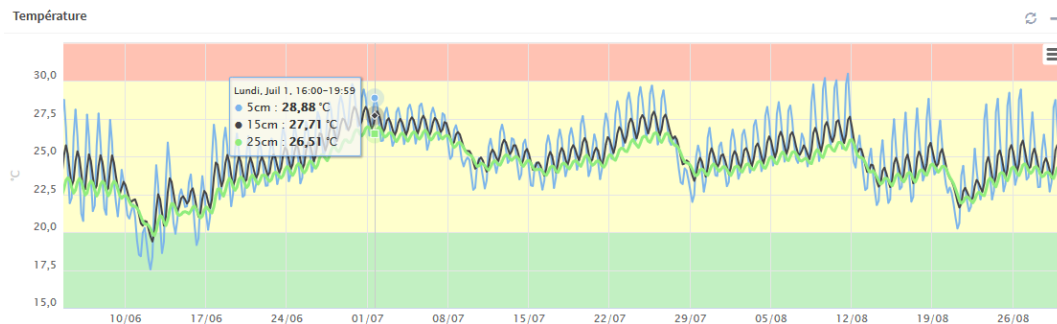
Les 2 capteurs 15 cm et 25 cm marquent une baisse similaire pour évoluer entre 1 100 VIC 1 200 VIC, ce qui est un niveau bas de la salinité, alors que le capteur 5 cm marque une hausse importante jusqu'à 1 600 VIC ce qui est un niveau.

On peut penser que la mauvaise efficacité des irrigations (dose insuffisante) a concentré les fertilisants en surface, et les plantes ont consommé la fertilisation présente plus en profondeur dans le sol.

La fertilisation apportée par le producteur a été de 67 unités d'Azote, de 35 unités de Phosphore et de 69 unités de Potasse (données Sonito).

	PRODUCTEUR	PAILLAGE	Différence
N	180	67	- 113
P	241	35	-206
K	323	69	-254

### ***Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur modalité paillage biodégradable 2019***



Les températures sous paillage au 1<sup>er</sup> juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 27,71°C et à 25 cm de 26,51°C. Ces températures sont supérieures à celle de la modalité producteur de cette année. La tendance à l'augmentation des températures par l'effet paillage est de nouveau visible.

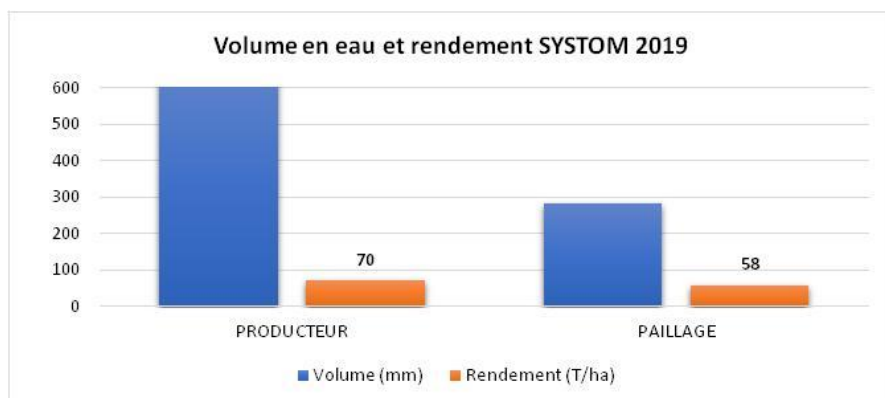
## Synthèse de la campagne 2019

### Seuils de pilotage proposé pour les producteurs pour un sol argilo-sablo-limoneux

Seuils de la courbe des humidités cumulées	en mm
Seuil haut	115
Seuil moyen	80
Seuil bas	65
Seuil de la courbe de la salinité	en VIC
Seuil moyen	1 300

Le niveau d'humidité pour les capteurs 15 et 25 cm, en dessous duquel il ne faudrait pas descendre serait de 30 mm pour ce type de sol.

### Bilan des apports en irrigation de la campagne et des rendements obtenus



Le volume d'irrigation apporté sur la modalité « producteur » a été de 6 570 m<sup>3</sup>/ha, alors que le volume d'irrigation apporté sur la modalité « paillage » a été de 2 810 m<sup>3</sup>/ha.

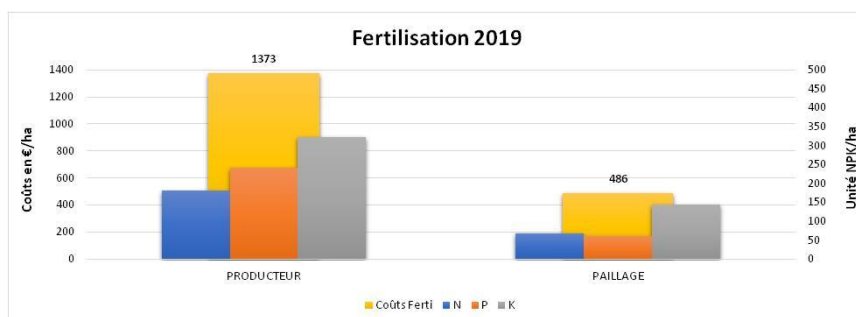
En 2019, la modalité paillage a reçu 57% d'eau en moins que la modalité producteur. Ce niveau d'apport n'a pas permis de conserver le rendement, la restriction en eau a été trop importante cette année.

Le producteur a réussi à conserver son rendement à 70 T/ha malgré les fortes chaleurs.

Le rendement de la modalité paillage est plus faible en 2019 de -17 % par rapport à la modalité producteur.

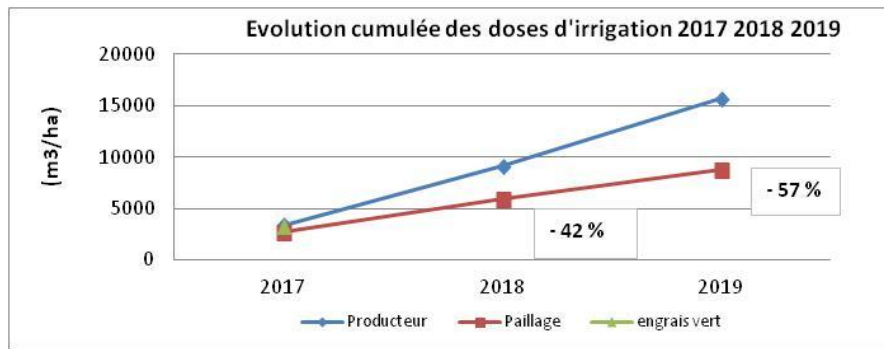
La conduite de l'irrigation de la modalité paillage a pénalisée le rendement.

### Bilan des apports de fertilisation 2019

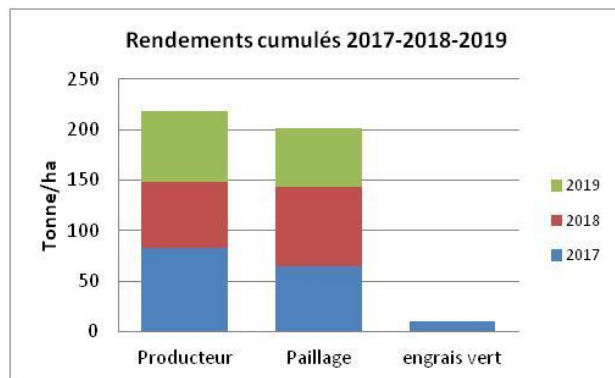


La modalité producteur montre un fort niveau de fertilisation qui peut expliquer les niveaux élevés visibles sur les courbes des VIC. Le niveau de fertilisation de la modalité paillage est très inférieur à celui du producteur 2019 et des références Sonito. Sur la modalité paillage, les courbes de VIC ont montré un niveau anormalement bas à 15 et 25 cm, ce qui confirme la faiblesse des apports en fertilisant. Ce faible niveau de fertilisant a pénalisé le rendement au même titre que l'irrigation.

Les courbes de salinités sont des indicateurs intéressants pour analyser les niveaux de fertilisation sur les parcelles. La possibilité de piloter la fertilisation avec cette donnée reste à être précisée.



Les économies d'eau engendrées par optimisation des apports d'eau et l'utilisation d'un paillage plastique biodégradable sont possibles, ces chiffres sont à confirmer sur plusieurs années de cultures, avec des climats différents.



Sur plusieurs années, les niveaux de rendement des deux modalités producteur et paillage plastique biodégradable sont proches, ils sont toutefois à confirmer sur plusieurs années climatiques différentes.

## Conclusion 2019 et perspectives

Le pilotage de l'irrigation à l'aide des sondes capacitatives est adapté aux cultures de tomate plein champ. Les sondes capacitatives Sentek ont montré de bonnes performances de fonctionnement et de précisions de mesure. Cet outil est adapté à l'utilisation au champ pour les producteurs avec une formation et accompagnement technique.

La visualisation de VIC est un indicateur du niveau de fertilisation, son utilisation pour le pilotage de la fertilisation est à vérifier. Une approche individuelle des fertilisants serait nécessaire pour sécuriser la pratique des producteurs.

L'optimisation de l'irrigation est possible dans la mesure où le réseau d'irrigation est performant (capacité aux fractionnements des irrigations, homogénéité d'irrigation et de fertilisation), l'automatisation du pilotage permet le fractionnement des irrigations.

Le suivi de l'essai SYSTOM a permis de mettre en avant une économie d'eau et de fertilisation possible à l'aide d'outils de pilotage connectés, de la mise en place du paillage plastique.

Le niveau d'économie en eau et en fertilisation sera variable selon le niveau d'équipement du réseau du producteur, de son acquisition en outils connectés performants et de son accompagnement technique.

Le paillage plastique permet d'éliminer totalement les apports en herbicide sur la parcelle, il est une réponse technique répondant aux objectifs d'économies d'eau, de fertilisants et d'herbicides.

La rentabilité économique de la mise en place du paillage plastique biodégradable doit être vérifiée avec l'évaluation du sur-coût engendré par la mise en place et l'achat du paillage.

La conduite de la fertilisation doit être précisée afin de donner des règles de décisions aux producteurs.

De nouvelles sondes connectées mesurant individuellement les éléments azotés et potassiques présentent sur le marché pourraient nous aider à évaluer les niveaux de fertilisation des éléments azotés et potassique, de finaliser une grille PILAZO plus adaptées.

La combinaison de l'utilisation des sondes Sentek, des imageries des flux d'eau dans le sol, et des nouvelles sondes connectées de mesure des fertilisants (N et K), doit être testée dans l'objectif de nous permettre de sécuriser rapidement les pratiques des producteurs, d'optimiser les apports d'eau et de fertilisation, de limiter les lessivages en profondeur.

Tous ces nouveaux outils sont une réponse pour allier tous les objectifs environnementaux futurs et la pérennité des exploitations.



## **DIFFUSION DES RESULTATS**

**Les comptes-rendus d'expérimentation seront disponibles sur les sites internet de la Sonito et de l'Ardepi.**

**Une présentation des résultats a eu lieu :**

Le 28 juin 2017 sur la parcelle d'essai, Uchaux (84).

Le 30 novembre 2017 durant l'anniversaire de la SONITO avec posters et vidéo, Avignon (84).

Le 13 décembre 2019, durant la Commission Technique de la Sonito en présence des producteurs et techniciens, Avignon (84).

# ANNEXES

## BILAN POUR LA SONDE SONDE SONITOFX\_01

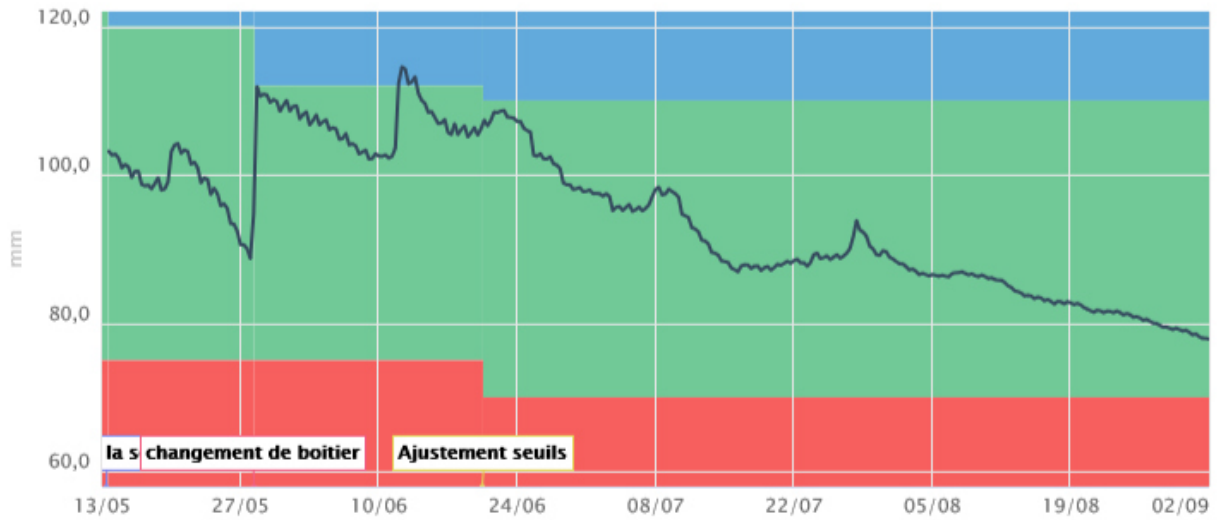
### Période

Début : 14/05/2019 00:00:00  
Fin : 01/09/2019 23:59:59

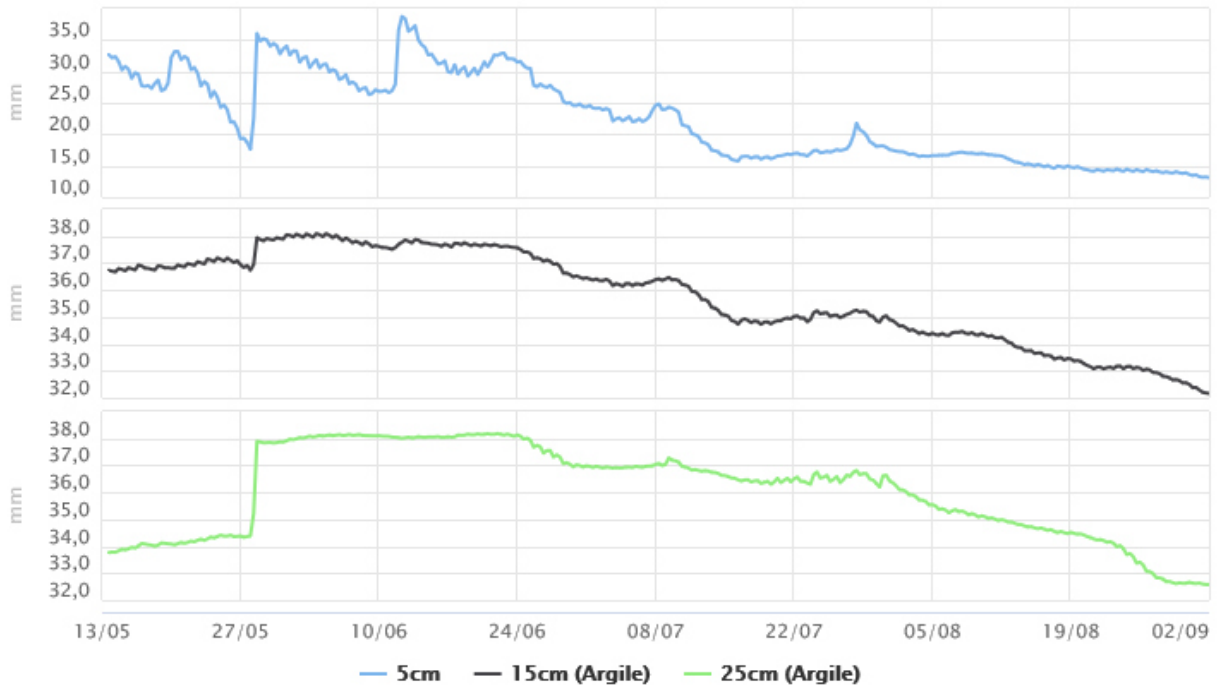
### Info-culture

plantation 2017 2018 2019 modalité producteur  
- Écartement plantation = 30 cm  
- Écartement entre rang = 40 cm (densité/ha= 32 000)  
- Gaine gâg AquatraXX : 1,14 l/h, esp 30 cm, enterrée au centre (prof 5cm, 20 cm des plants)  
- Largeur bute = 1.2 m Pluviométrie estimée = 3,8 mm/h

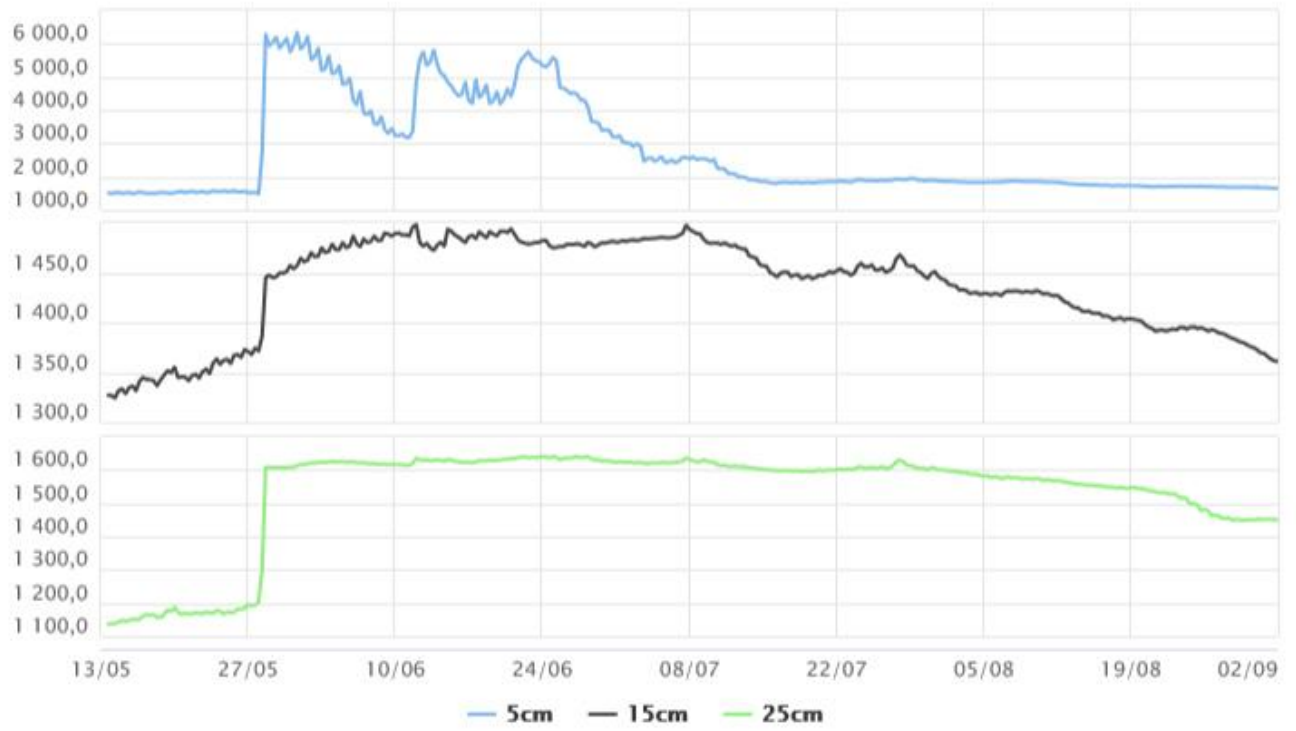
### Cumul



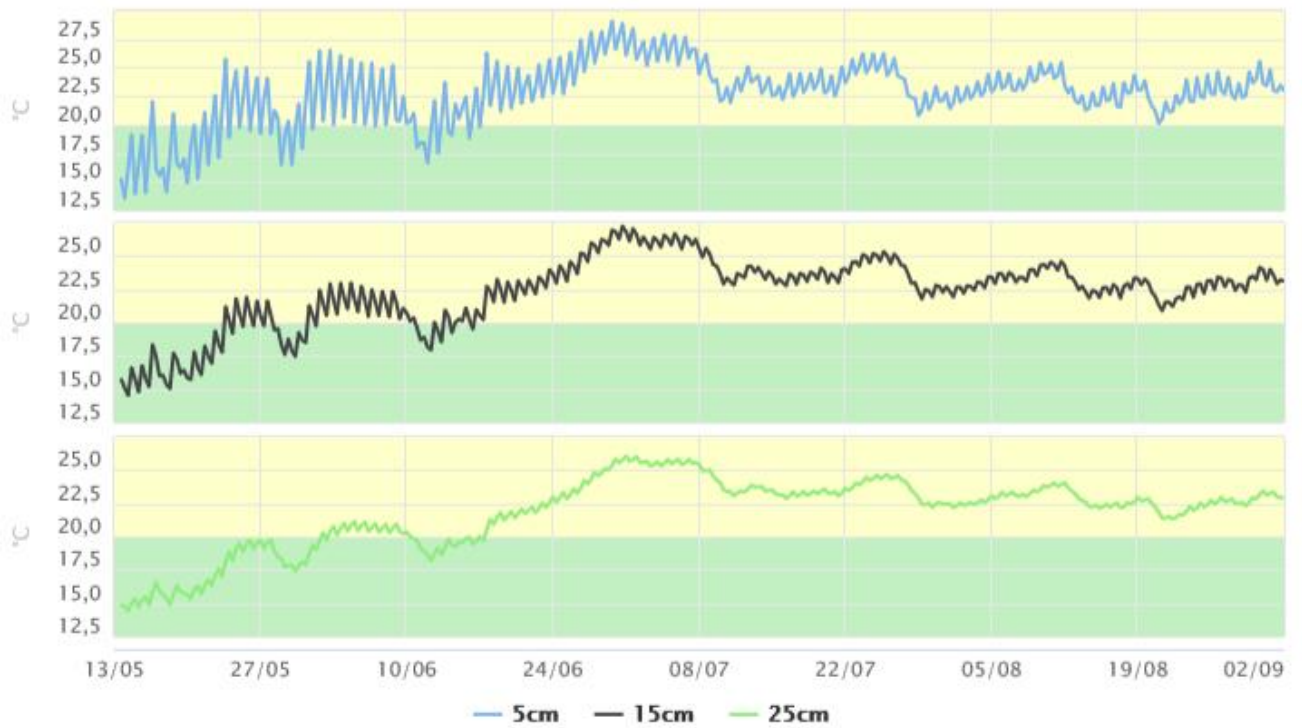
### Humidité



## Salinité



## Température



## Liste des conseils

Bonjour,

les humidités à 25 cm chutent de manière plus importantes dernièrement. Il faudra peut être faire des apports plus longs afin de recharger cet horizon.

*Rédigé par ardepi le 05/08/2019 15:08:24*

Bonjour,

Il faut maintenir l'humidité cumulée à ce niveau.

*Rédigé par ardepi le 22/07/2019 15:57:21*

Bonjour,

Le sol présente une humidité importante, il faut réduire les apports (le temps d'irrigation), afin de ne pas trop saturer le sol.

*Rédigé par ardepi le 08/07/2019 14:54:57*

Réaliser une irrigation plus importante afin de ne pas perdre en humidité à 15 et 25 cm.

*Rédigé par ardepi le 01/07/2019 12:03:43*

Il faut maintenir une humidité confortable à 5 cm. Au vu de la météo (chaud et sec cette semaine), il faudra déclencher l'irrigation mardi ou mercredi.

*Rédigé par ardepi le 17/06/2019 10:55:57*

Il est important de maintenir une humidité confortable dès 5 cm car le système racinaire des tomates n'est pas encore très développé. Pour cela il faudrait déclencher prochainement l'irrigation afin de gagner en humidité sur les premiers horizons.

*Rédigé par ardepi le 10/06/2019 13:54:23*

Les humidités sont élevées sur les trois profondeurs de sol, une irrigation n'est pas à prévoir pour le moment.

*Rédigé par ardepi le 21/05/2019 15:58:40*

Il y a eu 3h d'irrigation hier pour chaque modalité et 5h pour le producteur.

*Rédigé par Sonito le 15/05/2019 10:28:00*

Le vent va se poursuivre jusqu'à Mercredi et la pluie est attendue pour la fin de semaine. D'ici là vu les conditions météo et vu les

---

jeunes plants, il faudrait pouvoir apporter de l'eau avant mercredi pour ne pas assécher les 10 premiers centimètres de sol.

*Rédigé par ardepi le 13/05/2019 21:35:30*

## Liste des commentaires

Bonjour,

L'humidité cumulée semble stable dans le temps depuis plusieurs jours. Par contre on s'aperçoit que des consommations à 25 cm sont plus marquées depuis les 5 derniers jours et les irrigations ne rechargent pas cet horizon. Il faut faire attention à ne pas perdre trop d'humidité à cette profondeur et donc faire des apports légèrement plus long.

*Rédigé par ardepi le 05/08/2019 15:06:45*

Bonjour,

Les humidités sont plutôt stables dans la une zone de confort hydrique pour la culture. Dernièrement il y a une légère tendance à la hausse. Au vu des températures annoncées il faut rester sur le même pilotage d'irrigation. Si l'humidité cumulée continue d'augmenter vous pourrez diminuer un peu le temps d'irrigation

*Rédigé par ardepi le 22/07/2019 15:46:45*

Bonjour,

La visite terrain de la semaine dernière a permis de constater que le sol était très humide (à la limite de la saturation). Cela même en profondeur 30 à 50 cm. Il faut réduire les apports afin de laisser le sol se ressuyer.

*Rédigé par ardepi le 08/07/2019 14:53:30*

Depuis une semaine, l'humidité du sol chute progressivement sur tous les horizons. Elle reste encore confortable à 15 et 25 cm, cependant il faut veiller à rester dans la zone verte.

*Rédigé par ardepi le 01/07/2019 11:57:48*

Depuis la pluie du 11/06, l'humidité cumulée baisse fortement. Cela est du au premier horizon (5cm), à 15 et encore plus à 25 cm, les humidités sont plus constante.

*Rédigé par ardepi le 17/06/2019 10:54:10*

Les humidités baissent de manière continue sur les horizons 5 et 15 cm. On retrouve cependant une humidité confortable à 15 cm (37 mm) alors que le sol devient séchant à 5 cm (26 mm).

*Rédigé par ardepi le 10/06/2019 13:51:52*

Depuis la pose de la sonde, les humidités sont plutôt stables. l'irrigation de 3h du 14/05 ne marque pas au niveau de la sonde. En revanche, les pluies du 19 et 20 mai ont permis de recharger le premier horizon de sol (0-10 cm). les humidités sont élevées sur les trois profondeurs. Coté plantation, les consommations en eau ne sont pas encore visibles étant donné la taille des jeunes plants.

*Rédigé par ardepi le 21/05/2019 15:57:45*

Pose de la sonde\_01 le 13/05.

Sol très humide à partir de 5 à 10 cm.

*Rédigé par ardepi le 13/05/2019 21:31:54*

# BILAN POUR LA SONDE SONDE SONITOFX\_03

## Période

Début : 14/05/2019 00:00:00

Fin : 01/09/2019 23:59:59

## Info-culture

SYSTEM : modalité paillage plastique

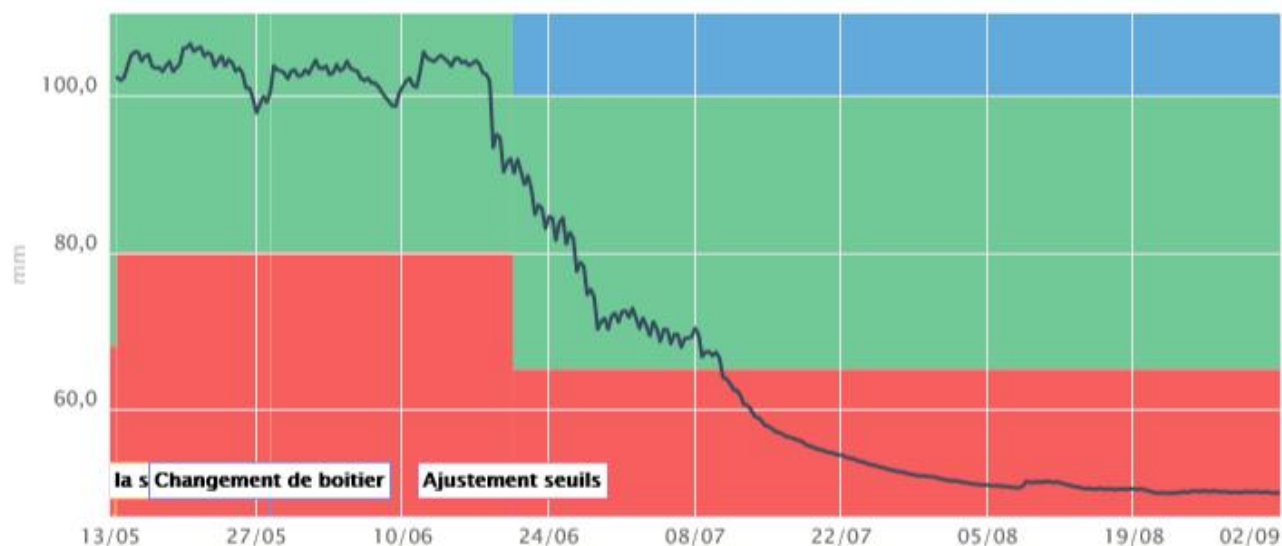
- Plantation le 11 mai 2019

- Écartement plantation = 30 cm , écart entre rang = 40 cm

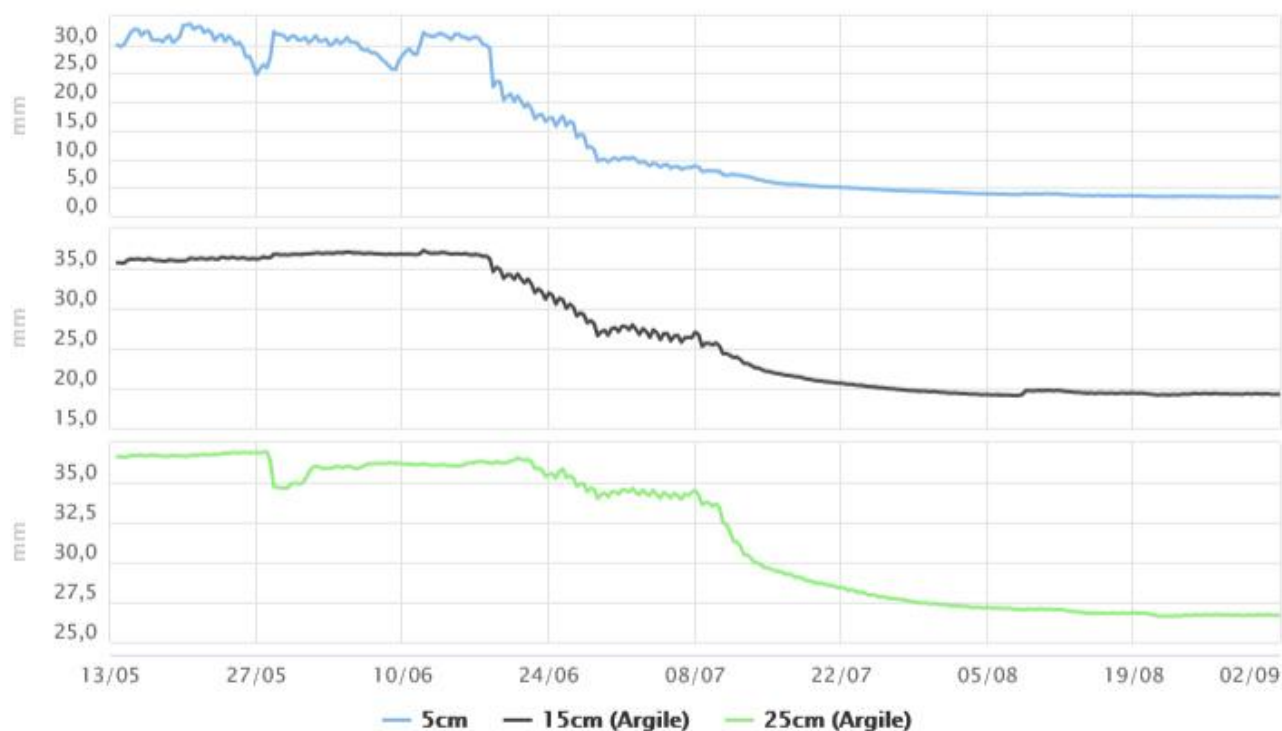
- Gaine gâg Kulker - AquatraXX : 1,14 l/h, esp 30 cm,

- Largeur bute = 1.2 m , Pluviométrie estimée = 3,8 mm/h

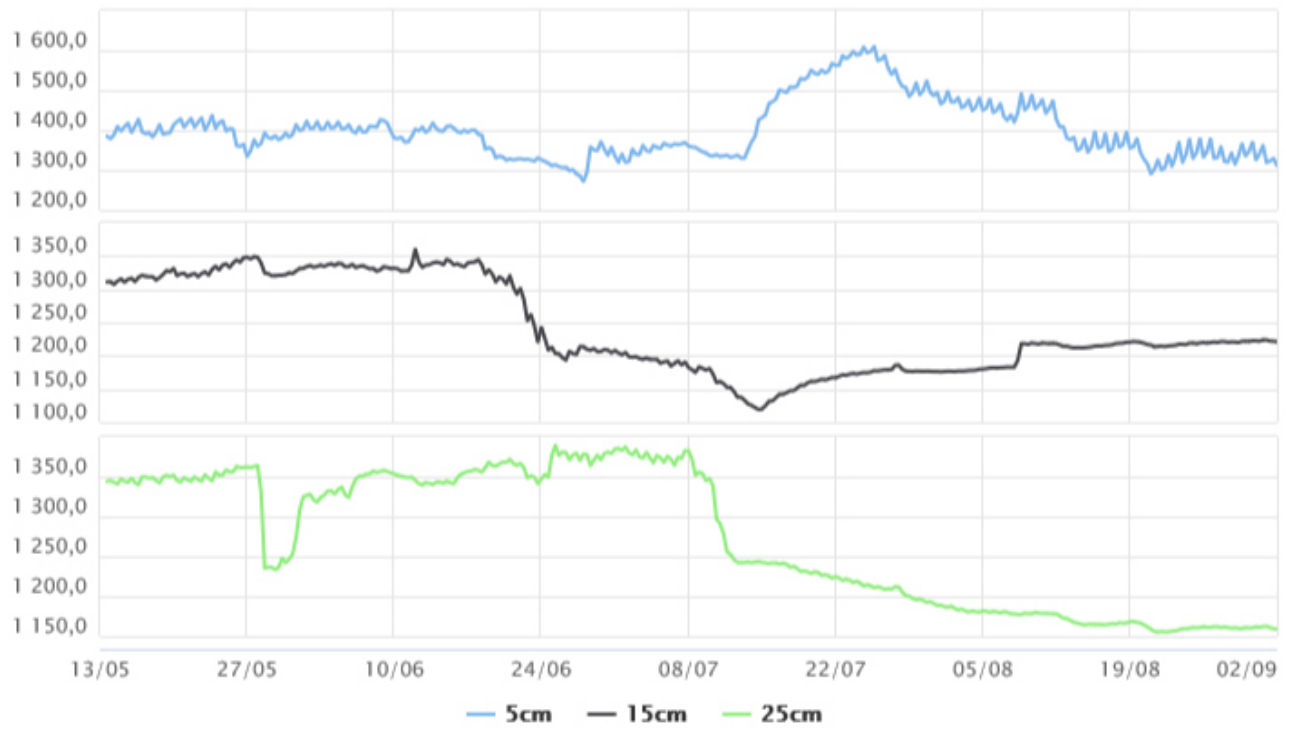
## Cumul



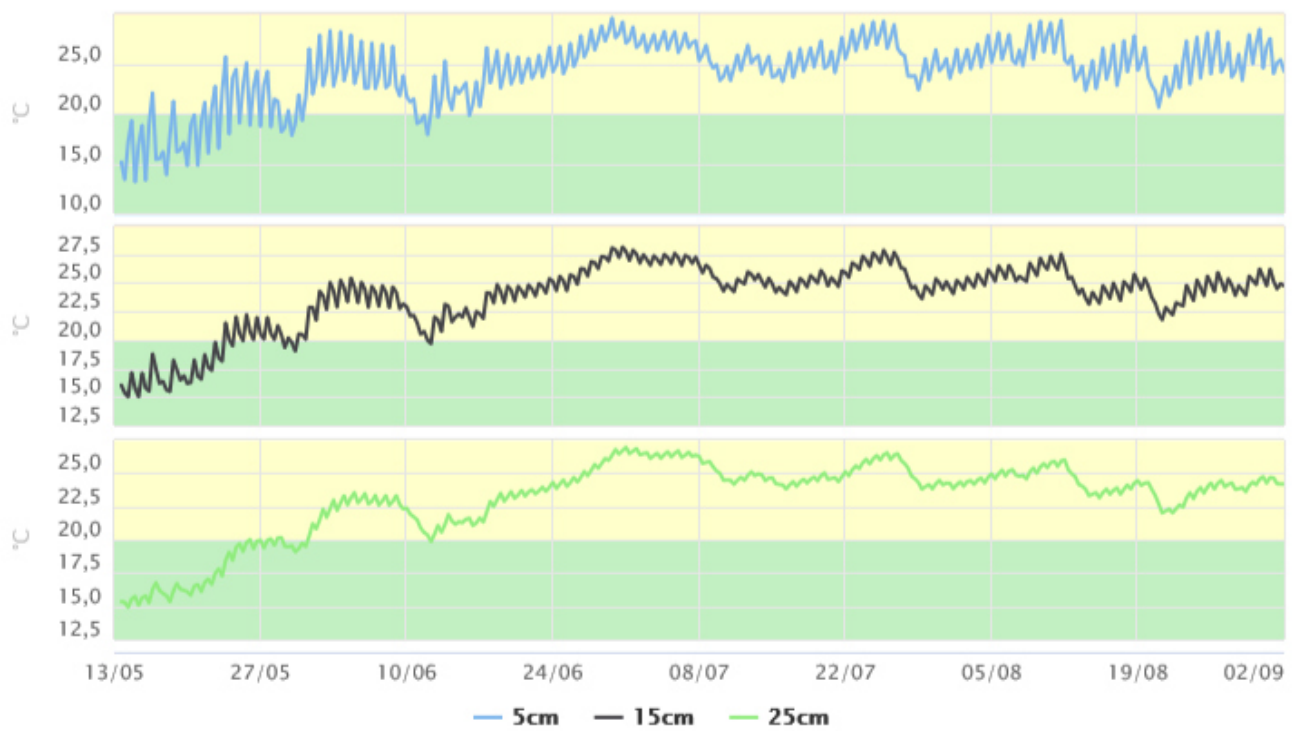
## Humidité



## Salinité



## Température



## Liste des conseils

Bonjour,

Les irrigations ne sont plus visibles au niveau des courbes. Les humidités ont fortement baissé à 25 cm.

*Rédigé par ardepi le 15/07/2019 12:34:31*

Bonjour,

Il semblerait que les apports compensent les consommations en eau, en effet la courbe est plutôt stable. Maintenir ce rythme d'irrigation.

*Rédigé par ardepi le 08/07/2019 14:59:28*

Augmenter la fréquence des apports afin de maintenir une bonne humidité à 5 et 15 cm.

*Rédigé par ardepi le 01/07/2019 12:15:49*

Maintenir la même stratégie d'irrigation.

*Rédigé par ardepi le 17/06/2019 10:59:48*

Sans pluie d'ici là, il faudra probablement refaire un apport en fin de semaine pour maintenir une bonne humidité en surface pour les jeunes plants.

*Rédigé par ardepi le 10/06/2019 13:59:37*

Pas d'irrigation à prévoir dans l'immédiat.

*Rédigé par ardepi le 21/05/2019 16:18:32*

## Liste des commentaires

Bonjour,

Suite à une visite de terrain le 08/08/2019, plusieurs observations sont ressorties. A proximité de la sonde nous avons remarqué que les goutteurs sont colmatés. Le même constat est fait sur d'autres goutteurs même si la plupart été humides. L'humidité du sol en surface et plus en profondeur est très faible. Cela expliquerait la baisse continue des courbes d'humidité et le fait de ne pas observer les irrigations sur les graphiques.

Il faudrait vérifier l'état du filtre en entrée de parcelle.

*Rédigé par ardepi le 09/08/2019 08:49:33*



Bonjour,

Toujours le même constat sur cette modalité. La courbe descend constamment et on ne perçoit plus les irrigations. On commence à arriver sur des valeurs très basses en terme d'humidité.

Êtes vous sur que l'irrigation s'effectue bien ?

*Rédigé par ardepi le 22/07/2019 15:37:43*

Bonjour,

Depuis le 10/07, les humidités baissent régulièrement et on commence à être dans une zone de stress pour la culture (22 mm à 15 cm). On aperçoit des consommations importantes (marches d'escalier) sur les horizons 15 et 25 cm. En revanche, les apports d'eau ne sont plus visibles, les irrigations sont elles bien faites ?

*Rédigé par ardepi le 15/07/2019 12:33:47*

Bonjour,

Une observation de sol a permis de constater que les humidités sont très confortables sur l'ensemble du profil. Cependant la courbe est stable, le temps d'irrigation peut être maintenu ainsi.

*Rédigé par ardepi le 08/07/2019 15:00:06*

Bonjour,

Une observation de sol a permis de constater que les humidités sont très confortables sur l'ensemble du profil. Le temps d'irrigation peut être légèrement réduit.

*Rédigé par ardepi le 08/07/2019 14:57:31*

les humidités ont fortement baissé à 5 et 15 cm, elle reste importante à 25 cm. Suite à l'observation de terrain mercredi, les seuils seront sûrement changés.

*Rédigé par ardepi le 01/07/2019 12:13:46*

L'humidité est plus constante sous paillage. Les dernières irrigations permettent de maintenir une humidité confortable à 5 cm.

*Rédigé par ardepi le 17/06/2019 10:58:32*

L'humidité cumulée était en baisse depuis le 6 juin, avec des pertes essentiellement sur le premier capteur (5 cm). Les humidités à 15 et 25 cm étant plutôt stables. L'irrigation de dimanche a permis de gagner en confort sur les premiers horizons de sol.

*Rédigé par ardepi le 10/06/2019 13:57:29*

L'irrigation du 14 mai est visible sur les deux premiers horizons de sol. Avec la pluie du 19/05 l'humidité est confortable sur les trois horizons.

*Rédigé par ardepi le 21/05/2019 16:18:05*