PROJET AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE

Innovation et Expérimentation en Agriculture

SYSTOM

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

ASSOCIATION LOI 1901 – SIRET 783 193 154 00029 – APE 9412Z
Maison de l'Agriculture – Site Agroparc - Bât A - Bur 223
TSA 48449 - 84912 AVIGNON CEDEX 9 – Tél : + 33490866439 – Fax : +33490270148
e-mail : sonitomate@sonito.fr ; plenne@sonito.fr ; rgiovinazzo@sonito.fr
site : www.sonito.fr

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 maitrise 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 utilisions 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.

I. 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.

II. MATERIEL ET METHODES

1. 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 :

- L'évaluation du cycle par les observations de floraison, nouaison et rendements agronomiques (Tomates rouges, tournantes, vertes, pourries, PM, précocité) et technologiques (MSS, pH et Fermeté) sera effectuée par la Sonito.

- La gestion de l'apport en eau, en partenariat avec l'ARDEPI (descriptif sur sa propre fiche), suite à l'utilisation de l'engrais vert couché et du paillage biodégradable, à l'aide de l'Outil d'Aide à la Décision AQUALIS et des sondes capacitives Sentek « 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 pour déclencher l'irrigation au bon moment, en quantité optimale et à la bonne fréquence. Le pilotage des irrigations sera réalisé en adéquation avec le programme de fertilisation afin d'améliorer son efficience 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 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 Gestion de l'apport en engrais de synthèse, notamment l'azote par l'utilisation du mulch couché et du paillage biodégradable, l'OAD Nitrachek et la grille de décision associée : Des analyses de sève seront effectuées toutes les semaines pour apporter la quantité d'azote idéale en fonction de la grille de décision élaborée par la SONITO.

III. RESULTATS

Les résultats de ces 3 années d'essais seront présentés sous forme chronologique pour rendre compte de l'avancement des systèmes de culture tout au long de la période et énumérer ainsi les différents écueils ou succès de chacun.

Avant de les présenter, il est utile de décrire, dans un premier temps, le système de culture de la tomate destinée à la transformation que la grande majorité des producteurs applique. 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. 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.

Nous allons donc étudier essentiellement 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.

1. Campagne 2017

Trois modalités de conduite de la tomate ont été comparées durant cette 1ère année 2017 sur une parcelle d'Uchaux (84) chez M. BERNARD (EARL LA COMTESSE). Pour les besoins de l'expérimentation, nous avons bénéficié du fait que le producteur avait semé un engrais vert à base d'Avoine et de Vesce à l'automne 2016 sur une parcelle calcaro-sableuse à calcaro-argileuse.

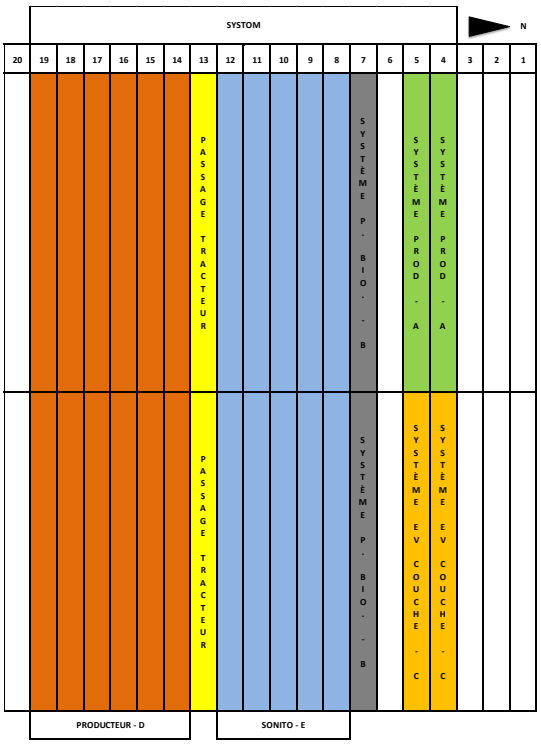
Parcelle d'expérimentation avec Avoine et Vesce au 13 janvier 2017 et 05 avril 2017.

- A - Système de culture classique selon producteur (référence) : culture sur planches mais avec engrais vert broyé, ferti-irrigation réduite et sans herbicide.
- B - Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage, ferti-irrigation réduite et sans herbicide.
- C - Système de culture avec engrais vert couché (Avoine-Vesce) au rouleau FACA : culture à plat sur l'engrais vert couché avec ferti-irrigation réduite et sans herbicide.

Nous avions aussi sur la même parcelle :

- D - Système de culture conduit par le producteur avec le même engrais vert broyé et enfoui, sa ferti-irrigation et son programme de désherbage chimique de pré et post-plantation.
- E - Système de culture conduit par la SONITO avec l'engrais vert broyé et enfoui, la ferti-irrigation identique aux 3 modalités ci-dessus et le programme de désherbage du producteur.

1.1. Plan de l'essai :



Les modalités citées ci-dessus sont représentées dans le plan. Chaque colonne avec numéro représente une planche de culture. Il y a donc, pour des raisons pratiques, 2 demi-planches pour les systèmes A et C et une planche entière pour le système B. Les systèmes D et E sont respectivement sur 6 et 5 planches. Les tomates ne seront plantées que le 8 juin 2017 pour des raisons de planification sur l'exploitation du producteur.

1.2. Mise en place des modalités :

Les photos ci-dessous indiquent que le 5 avril, Avoine et Vesce mesuraient en moyenne 60 à 70 cm. Nous avons broyé l'Engrais Vert (EV) le 13 avril, hormis pour la future zone EV couché, modalité C. Et ce broyat a été enfoui le 21 avril, sauf pour la zone EV Broyé, modalité A.

Le 18 mai, la terre est sous-solée pour les modalités B, D et E. La modalité C continue de pousser et est déjà au stade maturation des graines dans les épis d'Avoine. La Vesce, moins présente tout au long du cycle de l'EV est quasi inexistante.

Le 24 mai, nous décidons de « coucher » l'EV avec un rouleau FACA, rouleau avec lames. Il est déjà bien tard dans le cycle de l'avoine mais nous ne pouvions faire autrement en fonction de la date de semis de cet EV et de la date de plantation de la culture de tomates. Nous apercevons aussi sur la photo de gauche que la modalité A est de nouveau en végétation à la suite du broyage.

Dans la foulée, les planches sont préparées hormis sur la modalité C. Nous voyons ci-dessous le résultat quelques jours plus tard.

Sur les 2 photos de gauche on aperçoit la modalité C avec l'avoine couchée par le rouleau FACA. Sur la deuxième, nous avons le comparatif avec une planche classique qui correspond à la modalité D ou E. Sur les 2 autres photos nous observons le même type de planche avec la modalité A où un EV broyé qui n'avait pas été enfoui et qui avait repoussé à la suite du broyage. De nouveau, un comparatif est visible avec une planche selon la modalité D ou E.

Le désherbage de pré-plantation a été appliqué le 1er juin sur les modalités D et E. Il s'agit du RACER ME à base de Flurochloridone et à la dose homologuée de 2 l/ha. Les modalités A et C n'ont pas eu ce désherbage anti-germinatif de pré-plantation pour respecter le protocole.

Le 8 juin, jour de la plantation, a été posé le paillage biodégradable sur la planche n°7 du Plan de l'essai. Il s'agit du paillage MATER-BI de la Société NOVAMONT, biosourcé, biodégradable et compostable de 1,4 m de large et de 15 microns d'épaisseur. Il est fixé avec la dérouleuse CM-REGERO, comme nous pouvons le voir ci-dessous, en même temps que la gaine de goutte à goutte positionné au centre de la planche. Cela nécessite que les buttes aient été fraichement préparées ou qu'elles ne présentent pas de mottes.

La plantation a donc lieu le 8 juin avec la planteuse automatique Agriplanter du producteur pour les modalités D et E. C'est une plantation classique en double rangs de la variété TERRADOU à 36 000 plants/ha et gaine de goutte à goutte centrale légèrement enterrée.

Pour la modalité B, paillage biodégradable, il faut une planteuse spécifique de chez CHECCHI et MAGLI à godets fins, mais de fabrication ancienne, qui était utilisée pour les plantations maraichères sur paillage classique poly-éthylène. Il n'y a pas eu de changements dans ce style de planteuses depuis les années 80.

La plantation se déroule dans de bonnes conditions, mais il est cependant difficile de ne pas faire un trou trop large pour déposer le plant. L'épaisseur du paillage est telle que le godet a tendance à légèrement déchirer le plastique en se relevant. Cela occasionne cette forme lancéolée comme visible sur la photo de droite, forme potentiellement trop grande pour empêcher la germination de mauvaises herbes à l'aisselle des plants de tomates.

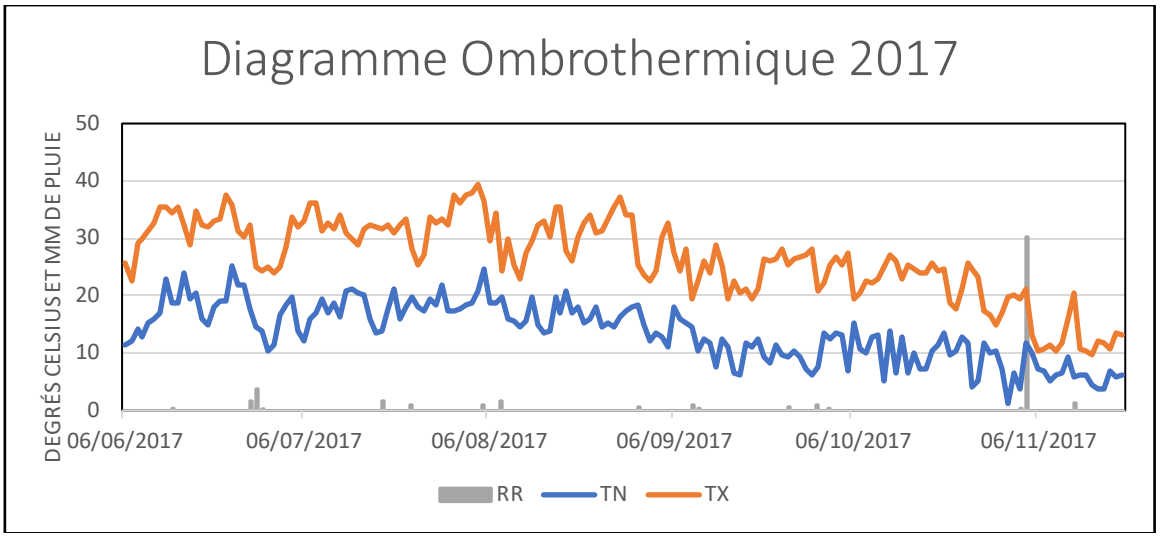
Enfin, pour les modalités A et surtout C, nous avons employé une planteuse prêtée par une producteur en AB, Victor Chardayre, adepte de cultures en EV couché et qui a installé des disques crénelés (voir ci-dessous à gauche) devant les socs d'ouverture du sol. Cela doit permettre de mieux ouvrir la terre qui n'a pas été préparée depuis l'automne précédent et de séparer le « mulch » d'Avoine couché au sol.

La variété TERRADOU a donc été plantée ainsi et le goutte à goutte déroulé en surface sur l'EV couché. Nous avons cependant eu d'énormes difficultés à positionner les plants dans le sillon de plantation. Celui-ci était bel et bien formé par la planteuse et ses disques crénelés, mais l'Avoine ne permettait pas de tasser suffisamment le plant pour que la mini-motte avec son système racinaire soit en contact avec le sol et à l'abri de l'air. Il était alors évident que nous allions comptabiliser de nombreuses pertes dès l'implantation.

1.3. Conditions culturales :

1.3.1. Conditions climatiques :

Les conditions climatiques au lendemain de la mise en place de la culture ont été particulièrement estivales comme l'indique le diagramme ombrothermique ci-dessous, avec de plus, un fort mistral malheureusement perpendiculaire à notre culture. Le vent est ensuite venu du sud avec de nouveau des températures très élevées. Le climat a été donc particulièrement chaud et venté de juin à septembre. Pendant plusieurs jours la culture a donc été soumise à un stress hydrique important.
Les pluviométries ont par ailleurs été très faibles, de l'ordre de 13 mm sur l'ensemble du cycle de culture.



Comme indiqué dans le rapport de l'ARDEPI, un défaut de pression diagnostiqué à la pompe n'a pas permis d'apporter une irrigation d'implantation efficace, et ceci a été accentué par les phénomènes climatiques. Les sondes capacitives pour la gestion de l'irrigation par l'ARDEPI ont été installées le 12 juin. L'irrigation est déclenchée avec un programmateur manuel, la fertilisation est injectée manuellement 1 fois/semaine.

Au 23 juin, nous observons de nombreux manques de plantes de tomates, comme nous l'avions prédit, dans la modalité C. Cela a été d'autant plus important que les conditions citées plus haut ont encore plus été défavorables pour cette modalité. La modalité B semble avoir plus subi les rafales de vent car nous voyons nettement les traces en cercles sur le paillage biodégradable indiquant que les plantes ont été « vrillées ». La modalité A ne semble, quant à elle, pas affectée. Les plants ont cependant aussi été soumis aux rafales de vent. Ci-dessous sont illustrées les 3 modalités A à C de gauche à droite.

1.3.2. Les adventices :

En ce qui concerne les adventices, les modalités D et E ne présentent pas de levées à cette date grâce à l'herbicide anti-germinatif et la première application de Cursus le 19 juin, herbicide anti-dicotylédones de contact de post-plantation. Ce n'est pas le cas des 3 autres modalités. Sur les photos en page précédente, nous pouvons distinguer des levées de morelles et pourpier le long du goutte à goutte sur la modalité A à gauche, qui n'aura reçu que l'application du 19 juin. Sur la modalité C, à droite, nous assistons à une levée d'Avoine sur les rangs de tomates, là où le sol a été remué ainsi qu'à de l'Avoine couchée qui a tendance à se relever. En ce qui concerne la modalité B, les adventices (en l'occurrence du pourpier) germent comme prévu dans le trou un peu trop large d'implantation de la tomate comme nous le voyons ci-dessous. C'est d'autant plus le cas avec les morelles sur la photo centrale lorsque le plant n'est plus là… Ce n'est tout de même pas systématique comme en témoigne la photo de droite.

Au 25 juin, la seconde application de Cursus à 30 g est effectuée sur les modalités A, D et E. Cela porte donc à 1 Indice de Fréquence de Traitement (IFT) pour la modalité A et 2 IFT pour les modalités D et E. Les modalités B et C n'ont pas d'IFT Herbicide.

Au 12 juillet, nous observons sur les images ci-dessous, le développement des adventices sur les modalités A à C. A peine plus d'un mois après plantation, les amarantes, les morelles semblent irrémédiablement prendre le dessus sur la culture qui va être étouffée. Il n'y a pas d'adventices sur les modalités D et E illustrées par la photo de droite.

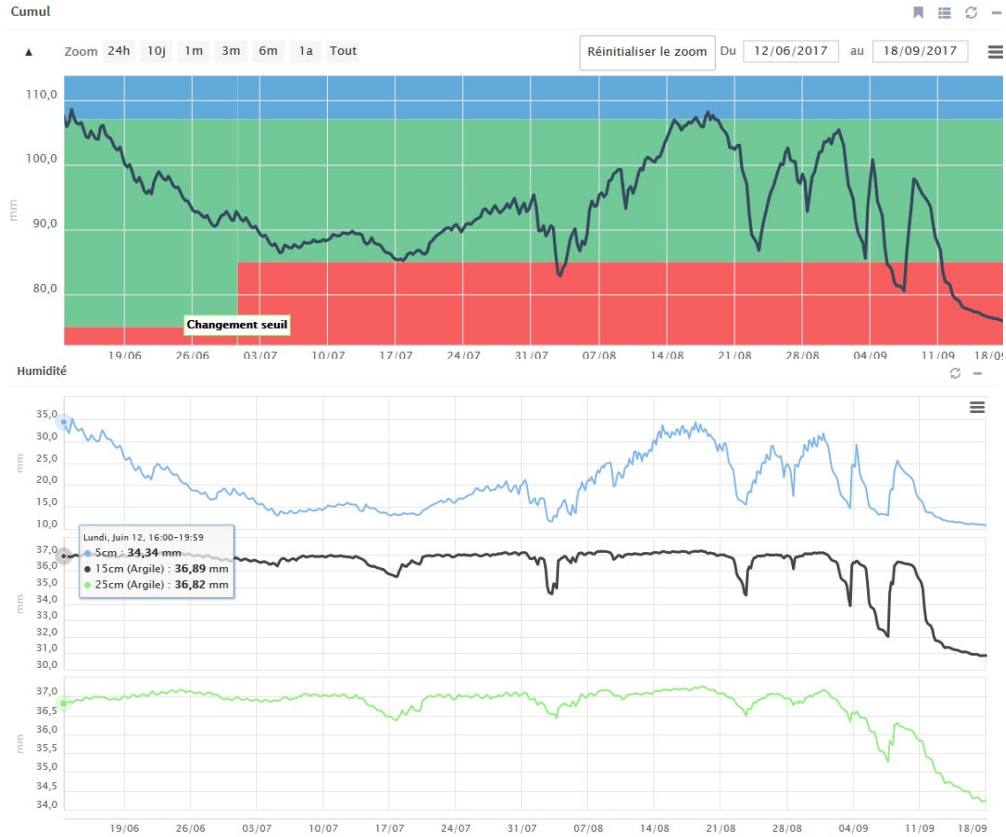
1.3.3. L'irrigation :

Un suivi du niveau d'humidité du sol, de la salinité, ainsi que des températures a été réalisé à l'aide de sondes capacitives Sentek équipées de 3 capteurs et installées sur les modalités A à C.

<u>Modalité A</u>

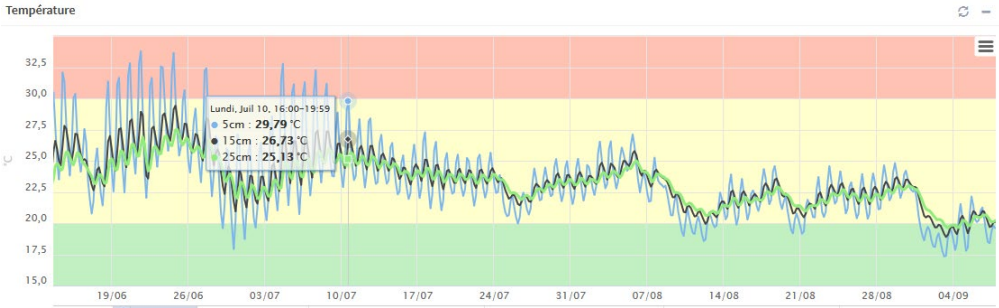
Le pilotage de l'irrigation de la modalité A a été mené par la Sonito sur une conduite de producteur déjà formé à l'optimisation de l'irrigation. L'ARDEPI a apporté son expertise afin d'interpréter les courbes des sondes capacitives. La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations 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 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité A



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, en fonction d'incidents d'alimentation en eau du réseau et des demandes climatiques très fortes au 14 juillet avec un fort mistral. Début août le vent du sud a aussi soufflé durant plusieurs jours. Le volume apporté par les irrigations sur cette modalité a été de 3 352 m3/ha. Ce volume est maîtrisé, adapté aux conditions climatiques de cette année selon l'ARDEPI.

Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité A

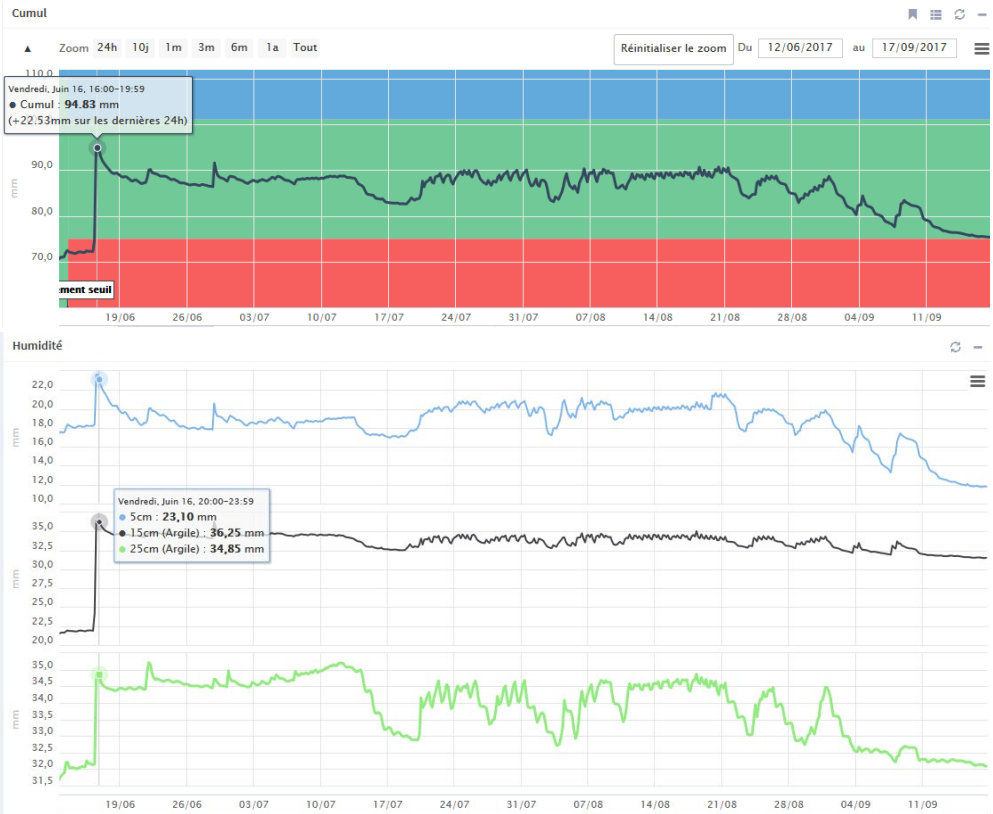


Les températures du sol à 15 cm ont été très élevées en début de culture au 24 juin, allant jusqu'à 29,7 °C a 19h45. On remarque ensuite que les courbes baissent en fonction des doses d'irrigation qui augmentent et refroidissent le sol selon l'ARDEPI.

<u>Modalité B</u>

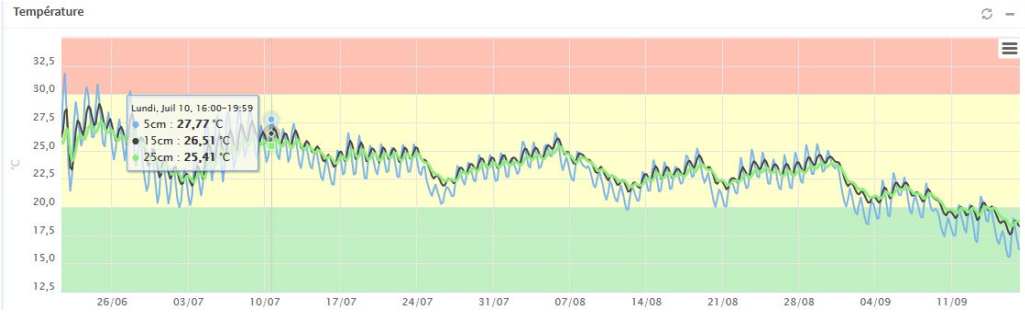
Le pilotage de l'irrigation de la modalité B a été mené par la Sonito avec l'appui de l'expertise de l'ARDEPI.
La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations. Le suivi de l'humidité du sol nous a 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 et la production, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 75 mm.

Courbes des humidités cumulées de 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité B



La courbe des humidités cumulées est dans l'ensemble assez régulière. Les humidités ont été facilement maitrisables du fait d'une évaporation limitée grâce au paillage plastique biodégradable selon l'ARDEPI. La variabilité du capteur 5 cm impacte moins la courbe des cumuls comme dans la modalité A. A partir du 21 août la courbe baisse jusqu'à atteindre la zone de stress hydrique en fin de culture. 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 qui descend recharge moins la profondeur selon le rapport de l'ARDEPI. Le volume apporté par les irrigations sur cette modalité B est de 2702 m3/ha. Ce volume est inférieur au volume apporté sur la modalité A.

Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité B

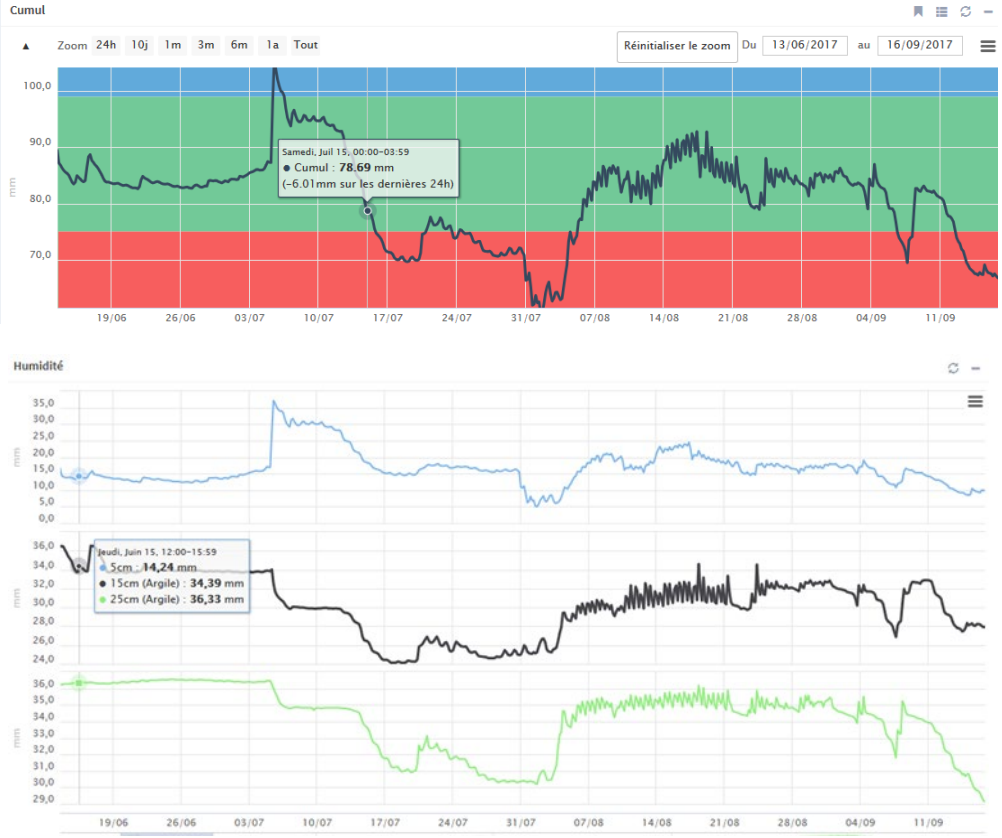


Les températures sous paillage au 10 juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 26,51°C et à 25 cm de 25,41°C. Elles sont moins élevées et varient moins que dans la modalité A.

<u>Modalité C</u>

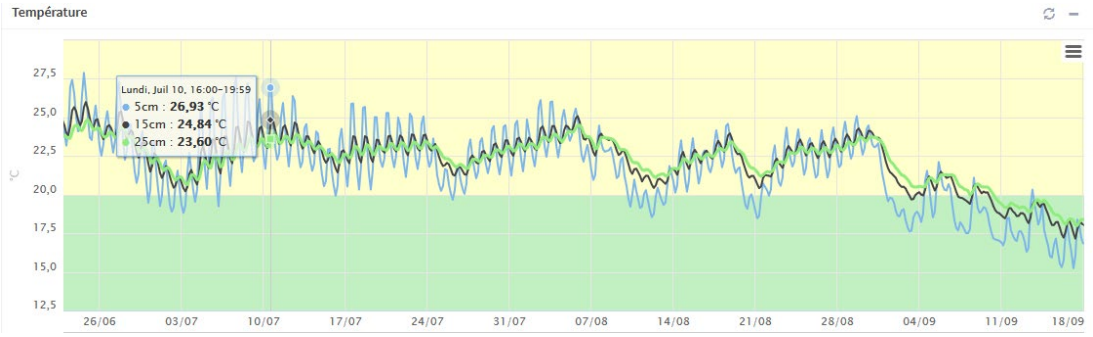
Le pilotage de l'irrigation de la modalité C a été mené par la Sonito avec l'appui de l'expertise de l'ARDEPI. La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations. Le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner jusqu'à 5 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs. Pour sécuriser la production, le seuil de pilotage de la zone de stress hydrique a été noté à 75 mm.

Courbes des humidités cumulées de 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité C



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. La plantation dans la modalité C ayant été mal maitrisée, l'EV couché est reparti en végétation et a fait concurrence en eau aux quelques plantes de tomates qui ont pu résister aux mauvaises conditions. 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 selon l'ARDEPI. Le contrôle à la tarière a montré un sol séchant. Le volume apporté par les irrigations sur cette modalité est de 3281 m3/ha, ce qui est proche de ce qui a été apporté sur la modalité A.

Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité C



Les températures sous EV couché au 10 juillet entre 16h et 20h sont à 15 cm de 24,84°C et à 25 cm de 23,60°C. Nous pouvons faire la même remarque qu'avec le paillage biodégradable de la modalité B.

<u>Modalités D et E</u>

Ces modalités n'avaient pas de sondes car ne faisaient pas partie du protocole engagé avec l'ARDEPI. Nous avons tout de même le volume apporté par les irrigations sur celles-ci, respectivement 7630 et 2660 m3/ha. Ainsi, le producteur qui n'a pas d'Outils d'Aide à la Décision (OAD), comme les sondes de l'essai, peut avoir tendance, dans les conditions climatiques particulièrement chaudes et venteuses de 2017, à augmenter l'irrigation et se placer dans le confort par assurance. Pour la modalité E, nous sommes sur le même système d'irrigation fertilisante que la modalité B et obtenons donc pratiquement le même volume.

1.3.4. La Fertilisation :

Seule la modalité E a été fertilisée selon la fertilisation classique du producteur. Pour des raisons pratiques dues à l'installation, toutes les autres modalités ont reçu la même fertilisation. Cette fertilisation a eu lieu de la plantation jusqu'au 27 juillet.

	MODALITES				
ELEMENTS	A	B	C	D	E
N	86	86	86	116	86
P	93	93	93	172	93
K	171	171	171	227	171

Le niveau de salinité en VIC (volume total en ions) décrit par l'ARDEPI pour les 3 modalités A à C est peut-être en lien avec la minéralisation du sol avec les conditions climatiques que nous avons connu cette saison-là. Il n'y avait pas de capteur pour la modalité D pouvant nous indiquer l'écart dû à la fertilisation minérale.

	MODALITES				
ppm de NO3-	A	B	C	D	E
11/07/2017	6665	13250	9600	9283	4946
26/07/2017	2559	5656	2424	2357	2929
01/08/2017				2029	2401
11/08/2017	1746	4841		873	1552
18/08/2017	830	2130		498	526
24/08/2017				1661	783

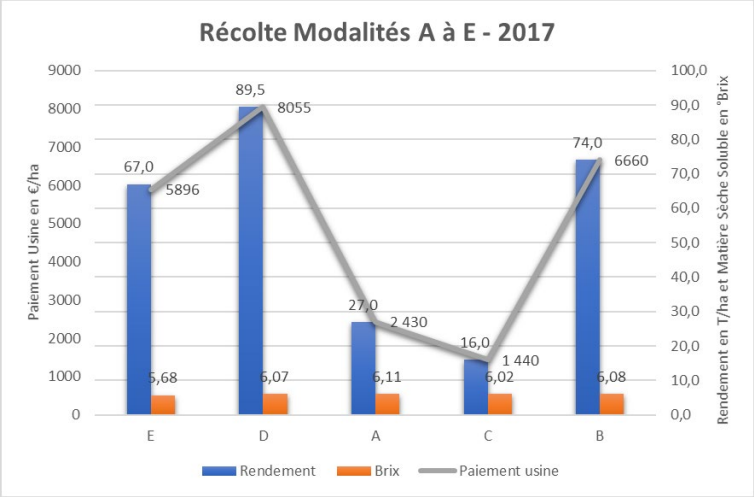
Les analyses de sève effectuées sur la fin de la fertilisation, et présentées dans le tableau ci-dessous, semblent montrer que la modalité B contiendrait plus de nitrates dans la sève des jeunes feuilles adultes que les modalités A et C qui ont eu la même fertilisation, de même que la modalité D qui a reçu 30 unités d'azote de plus. Les analyses de sève n'ont pas été faites le 24 Août sur les modalités A à C, elles auraient pu montrer l'augmentation de nitrates dans la sève comme dans la modalité E, et comme nous pouvons le voir aussi sur les niveaux de salinité à 5 cm et à cette date pour la modalité B dans le rapport de l'ARDEPI.

1.4. Récolte :

Les modalités ont été récoltées le 15 septembre par simulation d'une récolte mécanique en coupant 4 plantes par micro-parcelles et 3 répétitions par modalité. Les photos ci-dessous illustrent les micro-parcelles lors de la récolte de la modalité A à E.

Nous voyons bien sur ces photos que les modalités A et C sont envahies par les adventices et que les tomates ont été complètement étouffées. Sur les modalités D et E, seules les morelles noires, de la même famille que la tomate et donc d'une efficacité herbicide limitée, sont réellement présentes et peuvent concurrencer la culture. En ce qui concerne la modalité B, le paillage, encore présent à cette date, joue donc son rôle herbistatique, notamment pour toutes les levées échelonnées de mauvaises herbes au long du cycle de la tomate. Seules les adventices levées dans le trou de plantation seront présentes à la récolte.

Les résultats de la récolte sont présentés dans la courbe ci-dessous avec le Rendement, la Matière Sèche Soluble et le paiement de l'usine en fonction de ces 2 critères.



Les chiffres donnent raison aux illustrations de la page précédente. Les modalités A et C n'obtiennent qu'un très faible rendement, respectivement 27 et 16 T/ha. La modalité B, avec 74 T/ha se situe finalement entre les rendements de la modalité E, avec la même ferti-irrigation et 67 T/ha, et le rendement de la modalité D, avec une ferti-irrigation de confort et près de 90 T/ha. En ce qui concerne l'importance de Matière Sèche Soluble dans les fruits (MSS) exprimée en degrés Brix, seule modalité E est inférieure avec 5,68 °Brix contre 6,02 à 6,11 pour toutes les autres modalités. Cet écart semble cependant anormal vu les intrants pour la modalité D par rapport à ceux pour la modalité E. Le contraire aurait été plus logique…

1.5. Bilan de la campagne 2017 et perspectives :

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des éléments discutés sur les pages précédentes avec une notion de coûts et d'écart de « bénéfice » des différentes modalités par rapport à la modalité D du producteur qui n'utilise pas d'OAD.

2017					
	A	B	C	D	E
Coûts Fertilisation en €	**650**	**650**	**650**	**915**	**650**
IFT Herbicide	**1,0**	**0,0**	**0,0**	**2,0**	**2,0**
IFT Global	6,2	5,2	5,2	12,6	7,2
Coûts Traitements en €	**302**	**247**	**247**	**488**	**368**
Volume irrigation (mm)	335	270	328	763	266
Coûts Irrigation en €	**168**	**135**	**164**	**381**	**133**
Rendement en T/ha	27,0	74,0	16,0	89,5	67,0
MSS en °Brix	6,11	6,08	6,02	6,07	5,68
Paiement usine en €	**2 430**	**6660**	**1 440**	**8055**	**5896**
Coût du Paillage en €	0	**1200**	0	0	0
Différence coûts/paiement en €	1 310	4428	379	6270	4745
Différence Modalités /Modalité D	**-4 960**	**-1842**	**-5 891**	**0**	**-1526**
Efficacité de l'eau en Kg/M3	**8,1**	**27,4**	**4,9**	**11,7**	**25,2**
Efficacité de l'eau en Kg MSS/M3	**0,49**	**1,67**	**0,29**	**0,71**	**1,43**

La modalité B, avec paillage biodégradable permet d'éliminer totalement les apports en herbicides sur la parcelle tout en conservant un rendement proche de celui des modalités D et E. Il semble donc être une alternative technique intéressante pour ce thème par rapport à l'EV couché qui, sans herbicide, ne permet pas une implantation correcte de la culture dans les conditions de 2017. La modalité A qui n'a reçu qu'un désherbage de post-plantation n'a pas non plus de rendement suffisant faute d'une présence trop importante d'adventices.

En ce qui concerne l'irrigation, l'utilisation de sondes capacitives Sentek en cultures de tomate plein champ a permis de les piloter. La transmission des données toutes les 10 minutes fournit une grande précision du déplacement du flux d'eau dans le sol et nous a permis de décider de fractionner les irrigations jusqu'à 5 par jour, lors des forts besoins, selon les conseils de l'ARDEPI. Les conditions climatiques et quelques problèmes d'alimentation en eau du pompage au cours de la campagne ont cependant pu pénaliser l'implantation et la production. Pour une meilleure réactivité, 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. Malgré tout, la technique de paillage biodégradable, modalité B, a engendré une économie d'eau de 18 à 20% par rapport à une modalité sans paillage, A ou C, et de 65% par rapport à la modalité D. Le niveau de rendement de cette modalité B a été cependant inférieur au rendement du producteur.

Il est opportun dans ce cas de regarder les données d'Efficacité de l'eau utilisée pour produire un kilogramme de fruit et même de MSS. Les données sont présentées sur les 2 dernières lignes du tableau en page précédente. Ainsi, avec 1 m^3, la modalité B peut produire plus de 27 kg de fruits et 1,67 kg de MSS alors que le producteur n'en produit que 12 kg et 0,67 kg de MSS. Seule la modalité E est sur les mêmes ordres de grandeur avec respectivement 25 kg et 1,43 kg, mais elle a reçu le désherbage chimique…

Le Bémol pour cette modalité B est à mettre sur le coût du paillage, de son installation et la différence d'efficacité de plantation que nous estimons pour le moment à 1200 € par hectare. Ainsi, sur les seuls éléments de coûts présentés dans le tableau, qui sont ceux que nous pouvons réellement différencier chez le producteur, tous les autres éléments étant égaux par ailleurs, nous pouvons établir un écart de « bénéfice » entre les modalités et celle du producteur qui est de 1846 € sur la modalité B, seule à même de remplir les critères de notre objectif. Cela reste donc à confirmer pour les 2 autres années d'expérimentation.
Nous aurons aussi la possibilité d'étudier d'autres mélanges d'EV pour les coucher au rouleau FACA, cette première année d'expérimentation ne nous l'ayant pas permis.

2. Campagne 2018

Trois modalités de conduite de la tomate ont été comparées durant cette 2ème année sur une autre parcelle d'Uchaux (84) calcaro-sableuse à calcaro-argileuse chez M. BERNARD (EARL LA COMTESSE) et avec un précédent luzerne.

- A - Système de culture classique selon le producteur (référence) : culture sur planches avec EV broyé et enfoui à base d'Avoine et Vesce comme en 2017, ferti-irrigation du producteur et programme de désherbage du producteur.
- B - Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage biodégradable sur un EV « Goeco » broyé et enfoui à base de Moutarde blanche, Trèfle d'Alexandrie et Phacélie, ferti-irrigation réduite et sans herbicide.
- C - Système de culture avec 3 EV couchés sur planches au rouleau FACA, ferti-irrigation réduite et sans herbicide. Les EV sont :
    - Profil New (C1) à base de Vesce pourpre (65%), Trèfle d'Alexandrie (19%) et Phacélie (16%). 1 planche
    - Défi (C2) à base de Vesce commune (70%), Trèfle Incarnat (20%) et Navette (10%). 1 planche
    - Goeco (C3) à base de Moutarde blanche (60%), Trèfle d'Alexandrie (18%) et Phacélie (22%). 9 planches

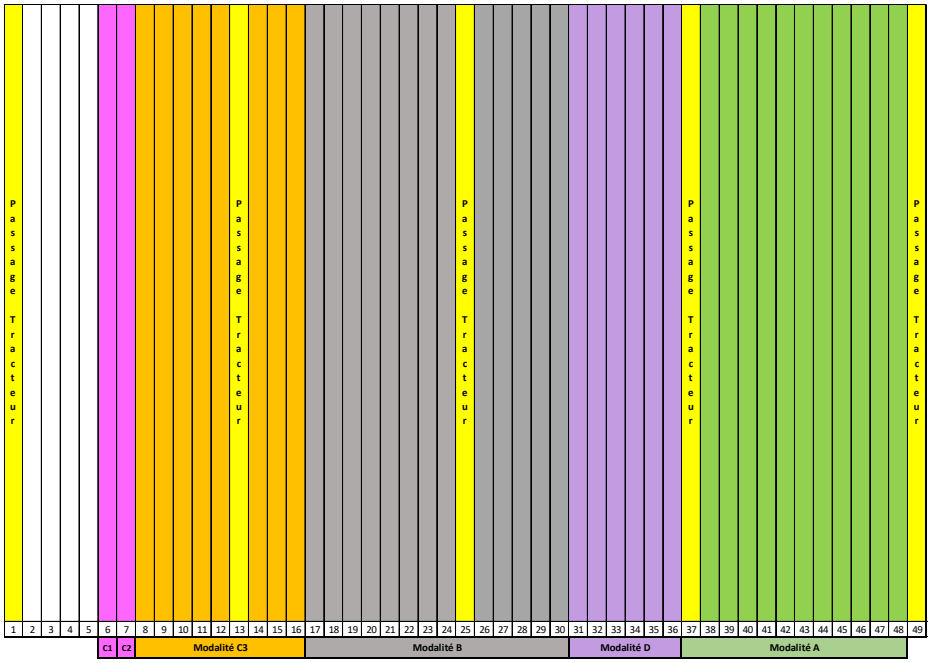
Comme en 2017 nous avons bénéficié d'une modalité conduite selon le guide de bonnes pratiques de la SONITO.

- D - Système de culture conduit par la SONITO sur planches avec l'engrais vert « Goeco » broyé et enfoui, la ferti-irrigation réduite et le programme de désherbage de la SONITO.

Les 3 semences d'EV C1 à C3 sont présentées respectivement ci-dessous.

2.1. Plan de l'essai :

Les modalités sont représentées dans le plan. Chaque colonne avec numéro représente une planche de culture cultivée cette année parallèlement au sens Nord-Sud.



2.2. Mise en place des modalités :

Pour l'année 2018, nous avons pu apporter nos choix d'EV et avons donc semé les modalités B et C1 à C3 le 23 novembre, le plus tard possible pour ne pas avoir de cycles trop précoces au printemps et ne pas subir le gel de l'hiver. Le producteur avait choisi de semer son EV le 9 novembre. Seules les modalités C1 à C3 ont été semées chacune avec un vieux semoir en ligne (voir illustration) sur planches préparées la veille. Cela a permis de ne pas disperser l'EV sur les planches voisines. Les modalités A, B et D ont été semées en plein sur un sol disqué et roulé au préalable.

Le 9 mars, les différentes modalités présentent des levées de l'EV très variables. La modalité A ne présente que très peu de levées, tout comme la modalité C2. La Vesce n'a pas apprécié les conditions hivernales froides de janvier et surtout février. Les modalités C1 avec surtout la Phacélie et B, C3 et D avec surtout la moutarde Blanche, sont en revanche beaucoup plus fournies. A et C1 à C3 sont illustrées ci-dessous.

Le 6 avril, nous notons toujours les différences de levées et cette fois de hauteur de port des espèces en présence. Sur la photo de droite, nous avons les 3 modalités C1 à C3. Nous voyons bien la faible densité de la modalité C2 contrairement aux modalités C1 et C3. Pour ces 2 dernières, la Phacélie, bien dense est moins érigée que la Moutarde Blanche qui impressionne plutôt par sa taille que sa densité. La photo centrale illustre la différence de cycle pour un même EV « Goeco » semé sur planche avec un vieux semoir en ligne à gauche et le semis en plein à droite qui est déjà au stade floraison. Sur la photo de droite, nous observons ce même EV en floraison face à l'EV du producteur qui est surtout le produit de repousses de Luzerne plus que d'Avoine et de Vesce.

Le 18 avril, les modalités C2 et C3 sont aussi en floraison et nous broyons les modalités A, B et D dont vous avez l'illustration sur les 2 photos de droite.

Nous avons retardé le plus possible la date pour coucher les EV C1 à C3 pour ne pas être trop éloigné de la date de plantation mais ne pas être non plus trop avancé dans le cycle des EV. Le rouleau FACA a donc été passé le 23 avril, plus d'un mois tout de même avant la date de plantation qui était programmée pour la planification des parcelles du producteur. C2 et C3 présentaient déjà des siliques avancées sur les moutardes… Les 3 modalités sont illustrées respectivement ci-dessous le jour du roulage et 3 jours plus tard le 26 avril.

Les EV couchés sont en partie séchés mais nous voyons que tout n'est pas mort et que des repousses vont certainement voir le jour. Nous le voyons très clairement sur la photo ci-dessous prise un mois plus tard, le 17 mai quelques jours avant la plantation. La décision a été prise, pour ne pas pénaliser le producteur ultérieurement, d'appliquer un traitement herbicide non-sélectif à base de glyphosate pour ces modalités. Le cahier des charges de modalités sans herbicide n'a donc pas pu être respecté pour la modalité C. Nous n'avons tout de même effectué la plantation et ferti-irrigué mais nous n'avons pas donné suite à cette modalité pour regarder les composantes du rendement à la récolte.

Malgré ce désherbage total avant plantation, nous observons sur les illustrations ci-dessous et ci-après, à 2 dates, 25 juin et 6 juillet, que les repousses des EV, notamment Moutardes en C2 et C3, et l'adventice Diplotaxe fausse roquette (autre brassicacée) en C1, sont bien concurrentielles de la tomate dans ces systèmes de culture.

Le désherbage de pré-plantation a été appliqué le 17 mai sur les modalités A et D. Il s'agit du RACER ME à base de Flurochloridone et à la dose homologuée de 2 l/ha. La modalité B n'a pas eu ce désherbage anti-germinatif de pré-plantation pour respecter le protocole.

Le 25 mai, jour de la plantation, a été posé le paillage biodégradable. Il s'agit du paillage MATER-BI de la Société NOVAMONT, biosourcé, biodégradable et compostable de 1,4 m de large et de 15 microns d'épaisseur comme en 2017 et d'un Paillage de la Société Agripolyane avec les mêmes propriétés. Il est fixé avec la dérouleuse CM-REGERO, en même temps que la gaine de goutte à goutte positionné au centre de la planche. Cela a nécessité que les buttes soient fraichement préparées.

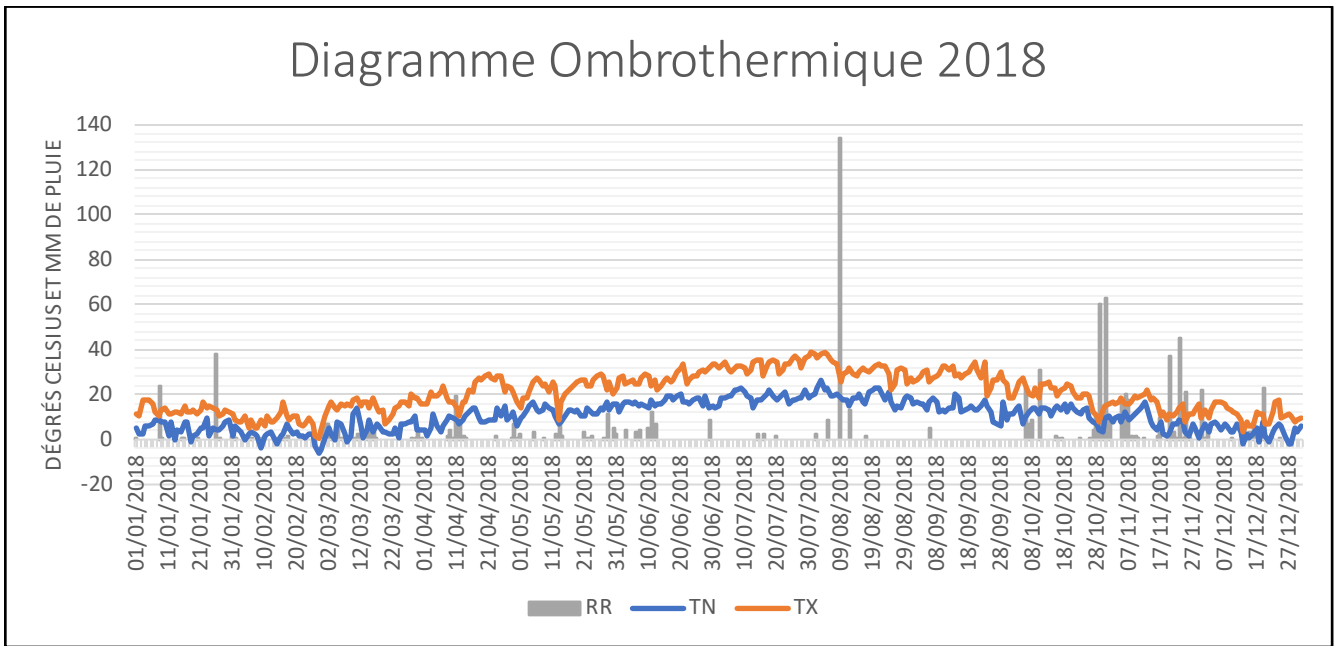
La plantation a donc lieu le 25 mai avec la planteuse automatique Agriplanter du producteur pour les modalités A, C et D. C'est une plantation classique en double rangs de la variété TERRADOU à 36 000 plants/ha et gaine de goutte à goutte centrale légèrement enterrée. Nous voulions, contrairement à 2017 où il n'y avait qu'une faible surface pour l'EV couché, utiliser la planteuse habituelle du producteur pour effectuer la plantation sur cette modalité C. Nous avons été soumis aux mêmes contraintes qu'en 2017 avec l'impossibilité de tasser les plants dans le sillon formé par la planteuse. Et cela a été rendu encore plus difficile par la présence de relevées des EV comme vu plus haut. Il a fallu débrancher l'automatisme hydraulique de profondeur de plantation gêné par les repousses…

Pour la modalité B, paillage biodégradable, nous avons utilisé la même planteuse spécifique de 2017 de chez CHECCHI et MAGLI à godets fins. La plantation s'est déroulée dans de bonnes conditions, mais il est cependant toujours difficile de ne pas faire un trou trop large pour déposer le plant comme en 2017. Le réglage est tout de même meilleur pour cette deuxième année.

2.3. Conditions culturales :

2.3.1. Conditions climatiques :

Les températures ont été dans les normales de saisons avec un mois de mars assez froid. 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 à fin juillet -début août. Il n'y a pas eu véritablement de pluie jusqu'au 9 août où un orage violent a apporté 134 mm en quelques heures.



2.3.2. Les adventices :

En ce qui concerne les adventices, au 4 juin, les modalités A et D ne présentent pas de levées grâce à l'herbicide anti-germinatif sauf les quelques repousses de Luzerne pas issues de germination. Sur la modalité B, nous observons les levées de Diplotaxe fausse roquette entre les bandes de paillage biodégradable, dans les « passe-pieds », comme nous pouvons le distinguer sur les illustrations ci-après.

Le paillage Agripolyane, photo de droite, semble se distendre 10 jours après la mise en place et la plantation.

Au 22 juin, il est temps de biner la modalités B (illustrations ci-dessous). Le producteur profite de la bineuse pour biner sa modalité A et ses repousses de Luzerne. Nous faisons l'impasse sur la modalité D. Cela porte donc à 1 Indice de Fréquence de Traitement (IFT) pour la modalité A et D, car il n'y aura pas de désherbage chimique de post-plantation. La modalité B n'a pas d'IFT Herbicide.

Au 6 juillet, nous observons sur les images ci-dessous, que le développement des adventices sur les modalités respectives A, B et D est bien contenu.

C'est encore le cas respectivement sur A, B et D, le 16 août, 3 jours après la pluie de 134 mm. Seule la modalité D avec impasse de désherbage en post-plantation présente des repousses de luzerne et du liseron des champs (photo de droite ci-après).

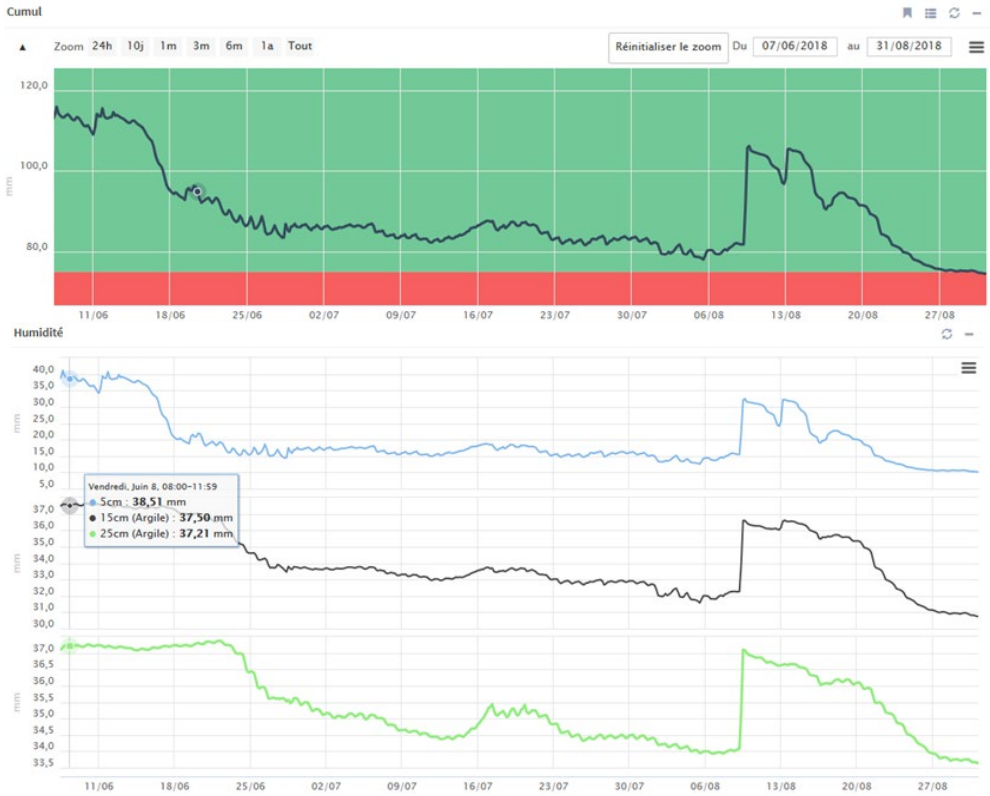
2.3.3. L'irrigation :

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 et de compteurs connectés de type SOLEM. La surveillance des débits et la réactivité du pilotage est maintenant adaptée aux besoins.
Un suivi du niveau d'humidité du sol, de la salinité, ainsi que des températures a été de nouveau réalisé à l'aide de sondes capacitives Sentek équipées de 3 capteurs et installées sur les modalités A, B et C.

Modalité A

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par le producteur 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 conduit 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.

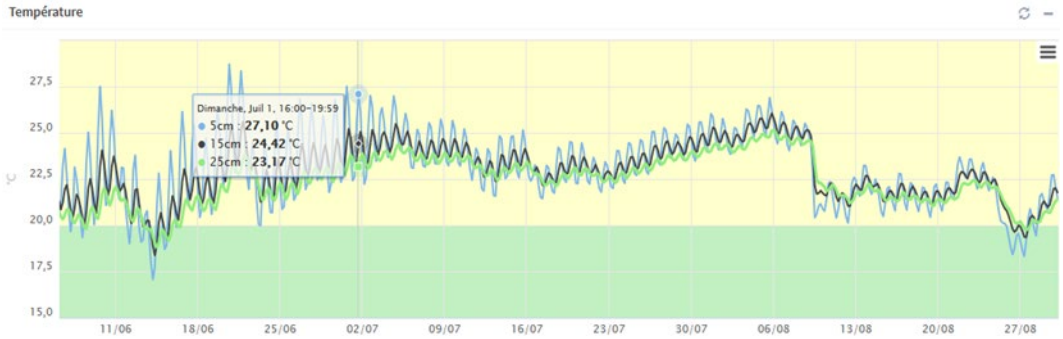
Courbes des humidités cumulées de 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité A



Globalement, la courbe des cumuls est assez régulière selon l'ARDEPI. 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 pic du 9 août est la conséquence de l'orage qui a apporté un volume de 134 mm mesuré à la station météo de la Sonito placé au bord de la parcelle. Ce 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 stress hydrique évalué à 75 mm est atteint.
Le volume des irrigations apportées sur cette modalité est de 5 760 m^3/ha. C'est un volume d'apport en irrigation de confort et même assez élevé selon l'expertise de l'ARDEPI.

Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité A

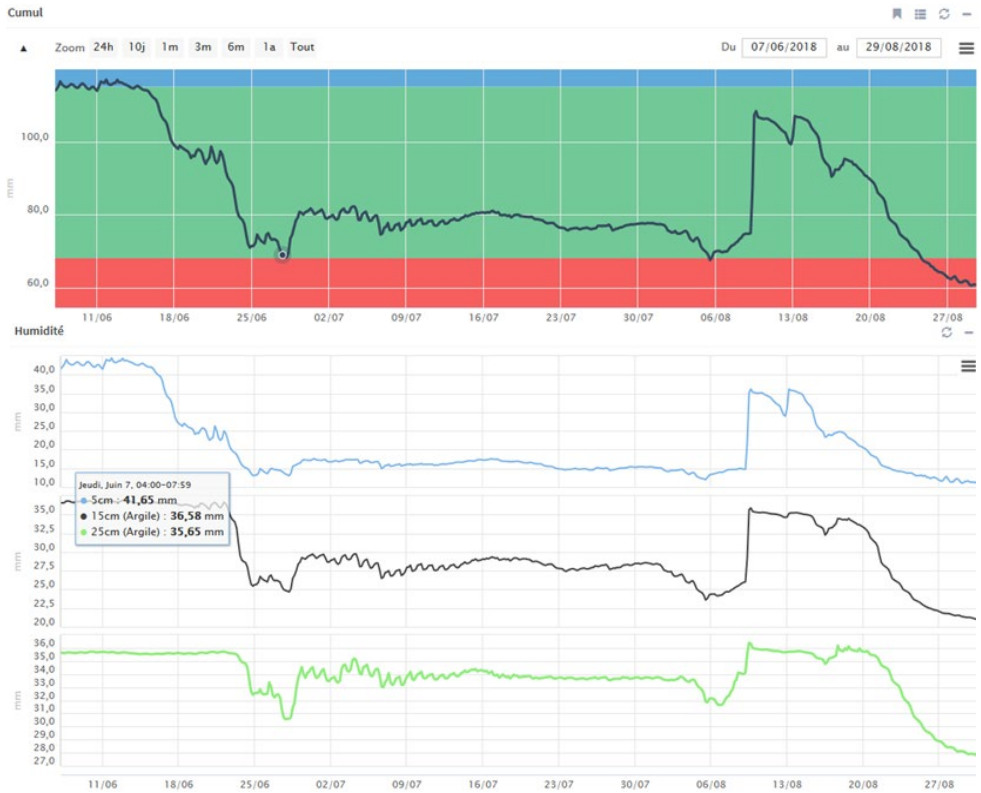


Les températures du sol sont assez élevées fin juin-début juillet mais sont inférieures à celles connues en 2017.

<u>Modalité B</u>

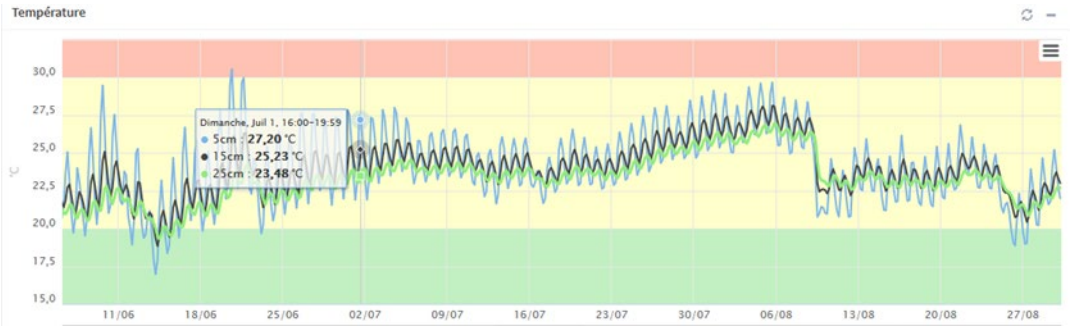
Le pilotage de l'irrigation de la modalité B a été mené par la Sonito avec l'appui de l'expertise de l'ARDEPI.
La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations. Le suivi de l'humidité du sol nous a conduit 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 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité B



La courbe des cumuls montre une humidité en forte baisse du 18 juin au 28 juin selon l'ARDEPI. Elle est ensuite stabilisée à 80 mm et 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. L'humidité de la parcelle correspond à une humidité de confort hydrique modéré pour les plantes.
Le volume des irrigations apportées sur cette modalité est de 3 220 m^3/ha, soit un volume très optimisé.

Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité B



La tendance des courbes de températures sous paillage semble légèrement supérieure aux températures de la modalité producteur sans paillage.

Modalité C

La modalité ayant été difficilement contrôlable en ce qui concerne les différents EV couchés et les repousses importantes malgré le désherbage non-sélectif à base de glyphosate avant culture, il n'est pas possible d'analyser les courbes comme pour les modalités précédentes.

Modalités D

Cette modalité n'avait pas de sondes car ne faisait pas partie du protocole engagé avec l'ARDEPI comme en 2017. Nous avons tout de même le volume apporté par les irrigations sur celle-ci, 2630 m^3/ha. Nous sommes sur un volume d'irrigation inférieur à la modalité B, mais optimisé par rapport à la modalité A.

2.3.4. La Fertilisation :

La fertilisation a eu lieu de la plantation jusqu'au 07 Août. Les modalités B et D ont été fertilisées de la même manière. Seule la fertilisation lors de la plantation n'a pas été faite avec la planteuse sur paillage, d'où l'écart en azote et phosphore.

	MODALITES		
ELEMENTS	A	B	D
N	128	47	65
P	172	61	124
K	267	50	50

Le niveau de salinité en VIC (volume total en ions) décrit par l'ARDEPI pour les 2 modalités A et B montre bien la différence de fertilisation apportée entre le producteur et la modalité paillage biodégradable. Il n'y avait pas de capteur pour la modalité D pouvant nous indiquer l'écart dû à la fertilisation minérale. Le producteur a doublé l'apport de Nitrate de Potasse (13-0-46 à 237 kg/ha contre 109) et d'Amnitra (34,5-0-0 à 150 kg/ha contre 60) par rapport aux modalité B et D.

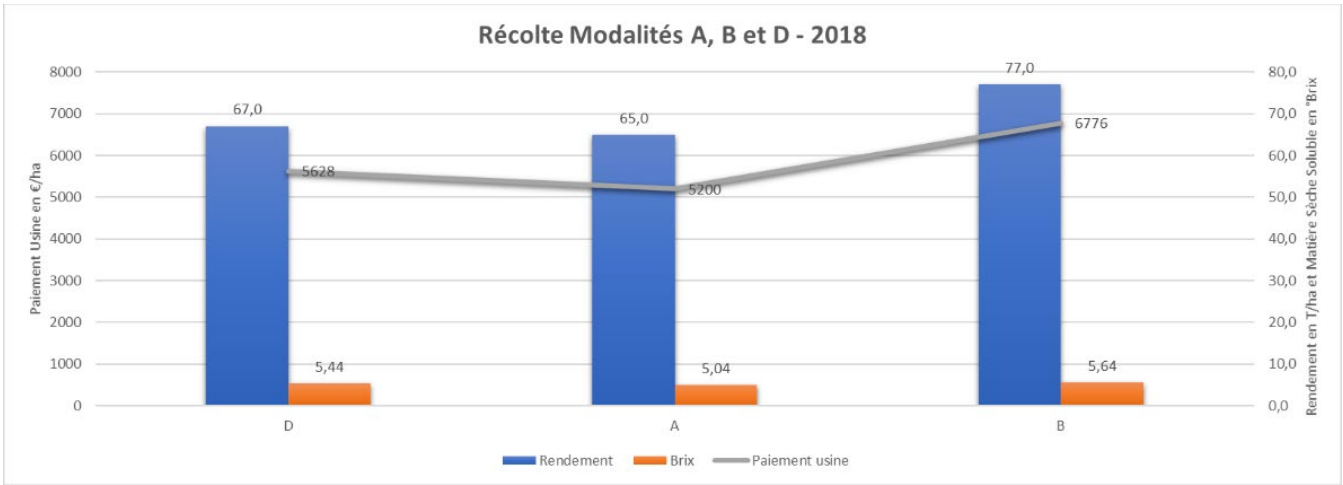
	MODALITES		
ppm de NO3-	A	B	D
03/07/2018	12524	6666	12221
10/07/2018	9797	7878	12272
19/07/2018	1667	3182	4596
26/07/2018	1313	3468	2996

Les analyses de sève effectuées du 3 juillet au 26 juillet, et présentées dans le tableau ci-dessus, ne montrent pas que la modalité A reçoit plus d'azote que B et D sur la fin du mois de juillet. Elles montrent aussi qu'il n'était pas nécessaire d'apporter plus d'azote vus les niveaux de nitrates dans la sève. Au début du mois de juillet, la minéralisation semble faire son œuvre pour les modalités A et D et pas pour la modalité B sous le paillage biodégradable, ou de manière plus tardive et moindre avec l'analyse du 10 juillet. Cela correspondrait à la remarque faite en 2017 du maintien de fraîcheur par l'irrigation sous le paillage.

2.4. Récolte :

Les modalités ont été récoltées le 3 septembre par simulation d'une récolte mécanique en coupant 4 plantes par micro-parcelles et 3 répétitions par modalité. Les photos ci-dessous illustrent les micro-parcelles lors de la récolte des modalités A, B et D.

Les résultats de la récolte sont présentés dans la courbe ci-dessous avec le Rendement, la Matière Sèche Soluble et le paiement de l'usine en fonction de ces 2 critères.



Malgré une Ferti-irrigation de confort, le rendement de la modalité A du producteur, 65 T/ha, est quasi équivalent à celui de la modalité D, 67 T/ha, optimisé pour sa fertilisation, son irrigation et avec, de plus, une impasse sur le désherbage en cours de culture. En ce qui concerne l'importance de Matière Sèche Soluble dans les fruits (MSS) exprimée en degrés Brix, la logique est cette fois respectée avec 5,04°Brix pour la modalité A contre 5,44°Brix pour la modalité D. La modalité B tire cependant son épingle du jeu puisqu'elle obtient le meilleur rendement et le meilleur taux de MSS, 77 T/ha et 5,64°Brix, alors qu'elle a reçu une irrigation optimale, moins de fertilisants et pas d'herbicide. Notons tout de même qu'elle n'a pas pu subir l'orage du 9 août de la même manière que les modalités A et D. Cela a forcément eu un impact dans ce dernier mois de cycle cultural.

Une récolte mécanique avec le matériel du producteur a pu être effectuée sur la modalité B. Les images ci-après montrent que le paillage biodégradable se délite et s'émiette lors du passage de la machine et retombe au sol sans se retrouver dans la benne. Il a donc la capacité de se maintenir en place au sol lors du cycle cultural pour remplir son office sur la gestion des adventices, puis de se déliter lors de la récolte. Le passage de disques permet d'enfouir ensuite les « fanes » de tomates, comme habituellement, ainsi que les résidus de paillage qui se dégraderont en Matière Organique et CO_2.

2.5. Bilan de la campagne 2018 et perspectives :

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des éléments discutés sur les pages précédentes avec une notion de coûts et d'écart de « bénéfice » des différentes modalités par rapport à la modalité A du producteur.

2018			
	A	B	D
Coûts Fertilisation en €	**819**	**260**	**455**
IFT Herbicide	1	0	1
IFT Global	13	7	8
Coûts Traitements en €	**569**	**348**	**394**
Volume irrigation (mm)	576	322	263
Coûts Irrigation en €	**576**	**322**	**263**
Rendement en T/ha	65,0	77,0	67,0
MSS en °Brix	5,04	5,64	5,44
Paiement usine en €	**5200**	**6776**	**5628**
Coût du Paillage en €		1200	
Différence coûts/paiement en €	3236	4647	4516
Différence Modalités /Modalité A	0	1411	1280
Efficacité de l'eau en Kg/M3	11,3	23,9	25,5
Efficacité de l'eau en Kg MSS/M3	0,57	1,35	1,39

La modalité B, avec paillage biodégradable permet d'éliminer totalement les apports en herbicides sur la parcelle tout en ayant un rendement supérieur à celui des autres modalités. Elle semble donc être véritablement l'alternative technique intéressante pour ce thème par rapport à l'EV couché de la modalité C, qui, même avec un herbicide non-selectif, ne permet pas une implantation correcte de la culture comme en 2017, et est donc éliminé.

En ce qui concerne l'irrigation, une économie d'eau de près 45% a été atteinte sur la modalité B par rapport à la modalité A, tout en ayant un rendement supérieur. 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. Les 20% d'eau en moins sur la modalité D par rapport à la modalité B sont compensés par l'orage du 9 août.
Il est opportun de regarder à nouveau les données d'Efficacité de l'eau utilisée pour produire un kilogramme de fruit et de MSS. Avec 1 m^3, les modalité B et D produisent à nouveau près de 25 kg de fruits et 1,4 kg de MSS alors que le producteur n'en produit que 11 kg et 0,57 kg de MSS.

Sur les seuls éléments de coûts présentés dans le tableau, qui sont ceux que nous pouvons réellement différencier chez le producteur, tous les autres éléments étant égaux par ailleurs, nous pouvons établir un écart de « bénéfice » entre les modalités et celle du producteur qui est, cette fois, de 1411 € en faveur de la modalité B, seule à même de remplir les critères de notre objectif. Cela reste donc à confirmer pour la dernière année d'expérimentation. La modalité C, EV couché ne sera pas étudiée en 2019.

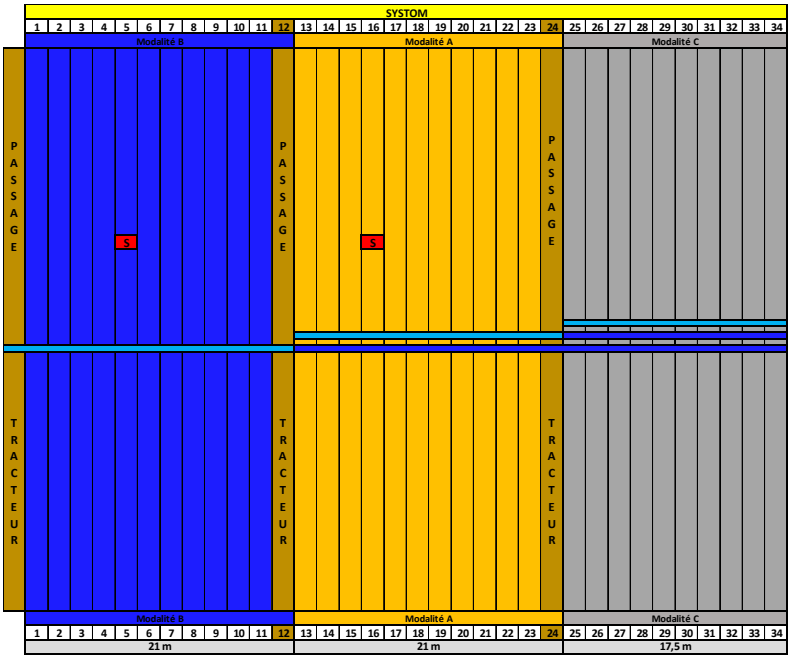
3. Campagne 2019

Trois modalités de conduite de la tomate ont été comparées durant cette 3ème année sur la parcelle d'Uchaux (84) calcaro-sableuse à calcaro-argileuse chez M. BERNARD (EARL LA COMTESSE) de la saison 2018.

- A - Système de culture classique selon le producteur (référence) : culture sur planches, ferti-irrigation du producteur et programme de désherbage du producteur.
- B - Système de culture avec paillage biodégradable : culture sur planches avec le paillage biodégradable, ferti-irrigation réduite et sans herbicide.
- C - Système de culture conduit par la SONITO sur planches, la ferti-irrigation réduite et le programme de désherbage de la SONITO.

3.1. Plan de l'essai :

Les modalités sont représentées dans le plan ci-dessous. Chaque colonne avec numéro représente une planche de culture cultivée cette année encore parallèlement au sens Nord-Sud.



3.2. Mise en place des modalités :

Le désherbage de pré-plantation a été appliqué le 8 mai sur les modalités A et C. Il s'agit du RACER ME à base de Flurochloridone et à la dose homologuée de 2 l/ha pour la modalité A et 1,5 l/ha pour la modalité C. La modalité B n'a pas eu ce désherbage anti-germinatif de pré-plantation pour respecter le protocole.

Le 10 mai, veille de la plantation, a été posé le paillage biodégradable. Il s'agit de nouveau du paillage MATER-BI de la Société NOVAMONT, biosourcé, biodégradable et compostable de 1,4 m de large et de 15 microns d'épaisseur comme depuis 2017. Il est fixé avec la dérouleuse CM-REGERO, en même temps que la gaine de goutte à goutte positionné au centre de la planche. Cela a nécessité que les buttes soient fraichement préparées.

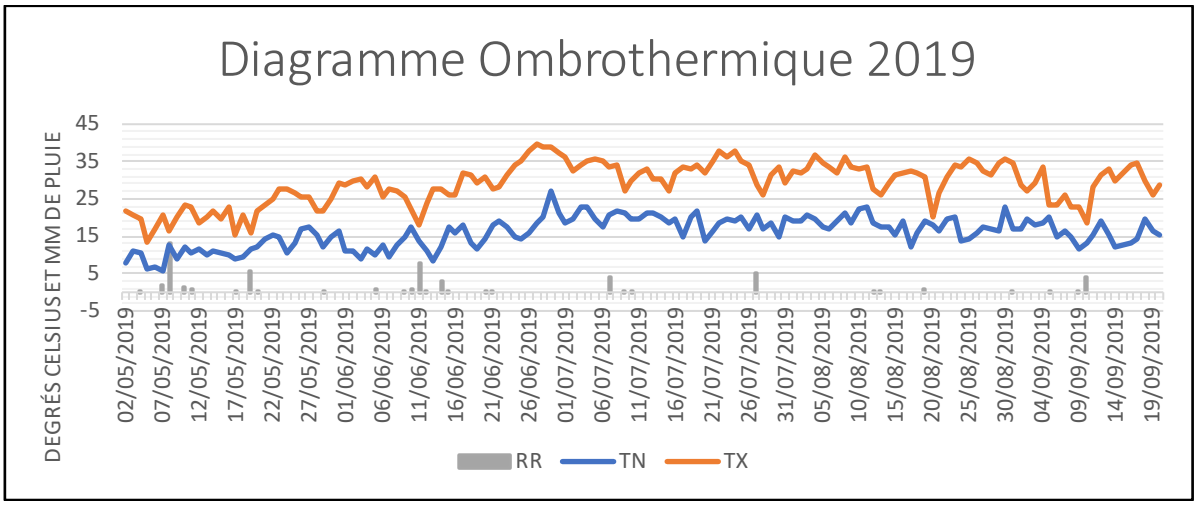
La plantation a donc lieu le 11 mai avec la planteuse automatique Agriplanter du producteur pour les modalités A et C.
Pour la modalité B, paillage biodégradable, nous avons utilisé la même planteuse spécifique depuis 2017 de chez CHECCHI et MAGLI à godets fins. La plantation s'est déroulée dans des conditions venteuses. Il a donc été nécessaire de disposer de la terre sur le paillage pour le maintenir au sol. Le sens du Mistral avec le fait que nous faisions les trous de plantation soulevait ce paillage. Cela représente donc une contrainte à laquelle nous n'avions pas été soumis dès la plantation.

Le 13 mai, après 2 jours de Mistral violent, nous constatons que la terre a disparu du paillage et que ce dernier est soulevé sur de nombreuses zones. 3 heures ont été nécessaires pour redisposer la terre sur une partie de ce quart d'hectare de paillage…

3.3. Conditions culturales :

3.3.1. Conditions climatiques :

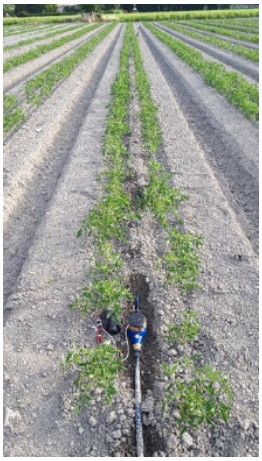
Le Mistral a donc été bien présent cette saison avec notamment ces coups de vent lors de la plantation. Les températures ont ensuite été caniculaires fin juin et courant juillet avec une pluie quasi inexistante, 37 mm de mi-mai à mi-septembre et une pluie maximale de 8 mm au 11 juin…



3.3.2. Les adventices :

En ce qui concerne les adventices, avec ces conditions climatiques, les modalités ne présentent que très peu de levées de mauvaises herbes. Sur la modalité B, là où nous observions les levées de Diplotaxe fausse roquette entre les bandes de paillage biodégradable, dans les « passe-pieds », il n'y a pas non plus de levées. Le 24 mai, 20 g de Cursus par hectare ont été tout de même appliqués avec son mouillant sur les modalités A et C, soit un tiers de la dose homologué. Cela porte donc à 2,3 et 2,1 IFT pour les modalités A et C. La modalité B n'a pas d'IFT Herbicide.

Au 10 juin, les illustrations ci-dessous indiquent que les adventices ne sont pas problématiques pour respectivement les modalités A à C. Les séquelles du mistral de début de cycle sont bien visibles pour les 3 modalités.



Au 28 juin, un binage ayant été effectué une semaine auparavant sur la modalité B, nous n'observons des levées de morelles et de liserons des champs que dans les modalités A et C. Les conditions climatiques ne sont pas propices au développement des adventices.

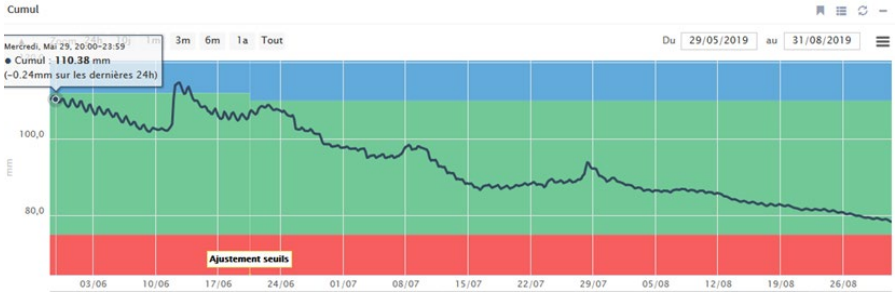
3.3.3. L'irrigation :

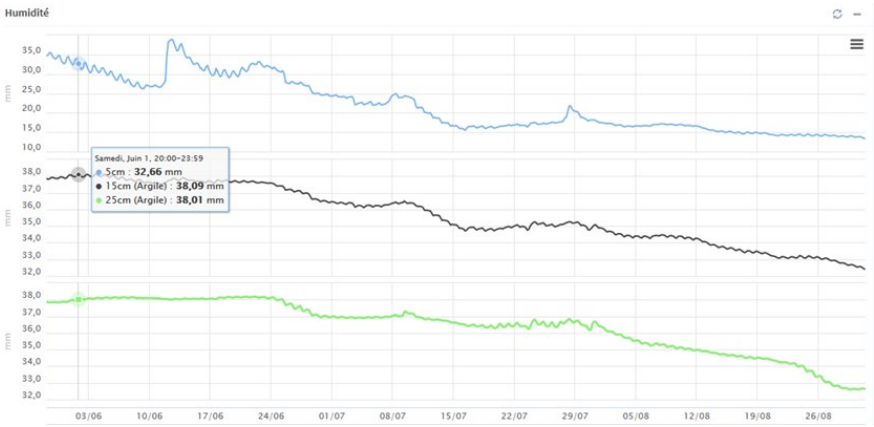
La parcelle a été alimentée, comme en 2018, par une borne du Canal-du-Rhône, équipée d'un filtre à sable, d'un régulateur de pression. Un suivi du niveau d'humidité du sol, de la salinité, ainsi que des températures a été de nouveau réalisé à l'aide de sondes capacitives Sentek équipées de 3 capteurs et installées sur les modalités A et B. 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. Le système d'irrigation est entièrement automatisé, et piloté à distance par un système Solem connecté.
De fortes attaques de taupins sur les gaines de goutte à goutte durant le premier mois de cycle cultural, nous ont contraint, après de très nombreux raccords, à le changer pour la modalité C en déroulant une nouvelle gaine en surface entre les 2 rangées de plantation. Cela n'a pas été le cas pour les modalités A (pas souhaité par le producteur) et B car cela n'aurait évidemment pas permis de pratiquer une irrigation correcte avec le paillage en surface.

Modalité A

Le pilotage de l'irrigation de la modalité producteur a été mené par le producteur 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 conduit 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 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité A





La courbe des cumuls montrent 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 par l'ARDEPI ont confirmé des zones d'humidité hétérogènes. Le goutte-à-goutte ayant été percé par une attaque de taupins, les niveaux d'humidité de cette modalité doivent être considérés avec prudence cette année.
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. Le volume des irrigations apporté sur cette modalité est de 6 570 m^3/ha. L'humidité de la parcelle correspond donc à une humidité de grand confort hydrique pour les plantes.

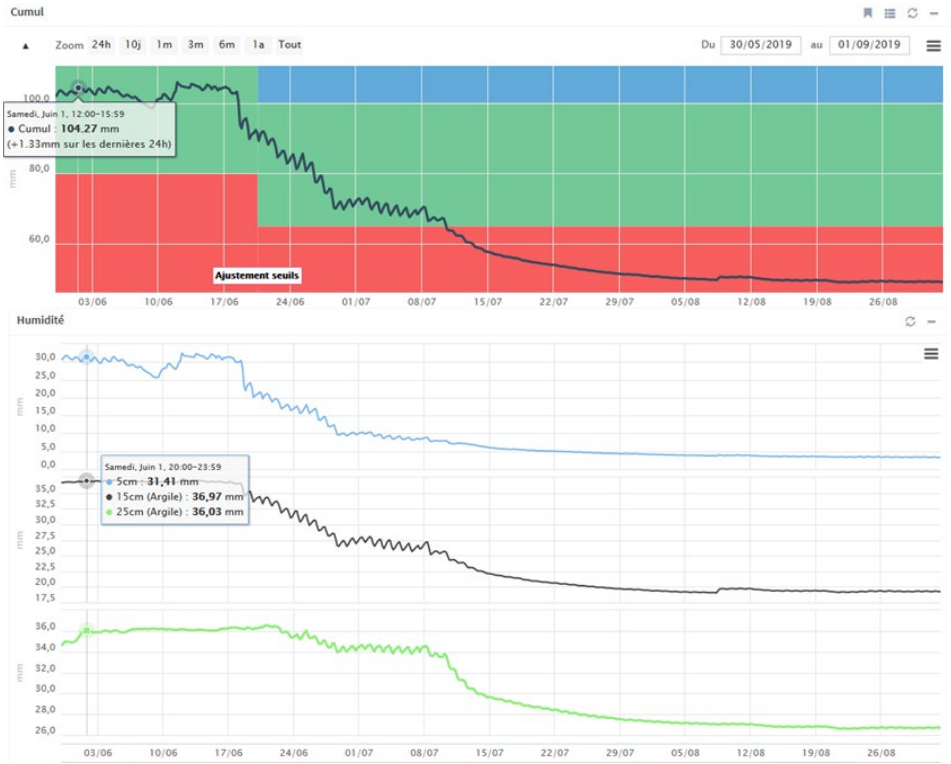
Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité A

Les températures sous paillage au 1er 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.

Modalité B

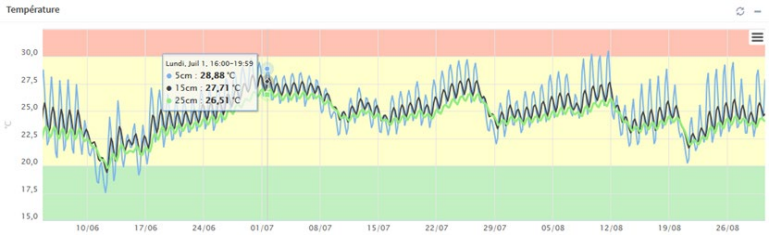
Le pilotage de l'irrigation de la modalité B a été mené par la Sonito avec l'appui de l'expertise de l'ARDEPI.
La stratégie d'irrigation choisie a été de piloter les irrigations avec les mesures de la sonde capacitive, en optimisant au plus juste les irrigations. Le suivi de l'humidité du sol nous a amené à positionner jusqu'à 5 irrigations/jour dont une irrigation de nuit durant les périodes de très fortes chaleurs. Pour optimiser 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 0 à 25 cm de profondeur et par capteur à 5, 15 et 25 cm de profondeur pour la modalité B



A partir du 18 juin, la courbe des cumuls décroit fortement, pour atteindre la zone de stress hydrique à partir du 10 juillet. Durant cette forte baisse, on voit des pics qui correspondent aux irrigations. A partir du 10 juillet, les pics 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 montre 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 (attaque taupins et colmatages). Le volume des irrigations apportées sur cette modalité est de 2 810 m^3/ha, en dessous des volumes apportés pour ce type de culture, notamment sur une année particulièrement chaude et sèche.

Courbes de température du sol par capteur 5 cm, 15 cm et 25 cm de profondeur pour la modalité B



Les températures sous paillage au 1er 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 A. La tendance à l'augmentation des températures par l'effet paillage est cette fois liée à la climatologie et au plus faible volume d'irrigation apporté après le 10 juillet.

Modalité C

Pour la modalité C, conduite de la même manière en irrigation que la modalité B, c'est certainement le même constat car l'apport n'est aussi que de 2820 M^3/ha. Nous nous sommes approchés beaucoup trop près du point de stress hydrique au point de le dépasser et de ne plus pouvoir irriguer efficacement.

3.3.4. La Fertilisation :

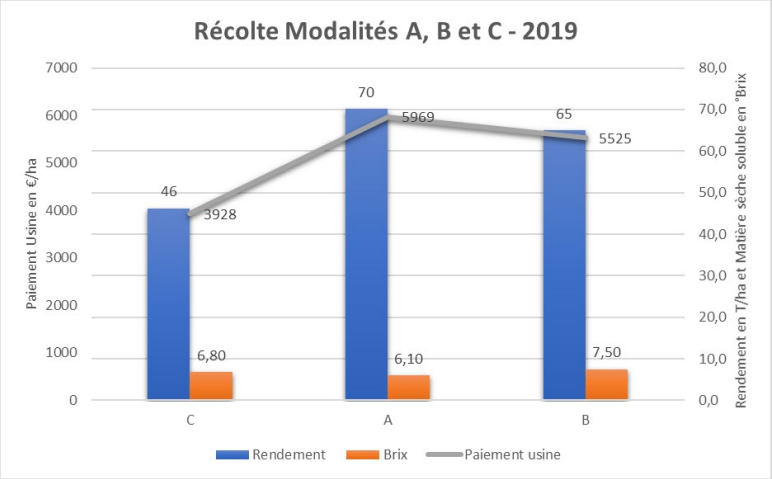
La fertilisation a eu lieu de la plantation jusqu'au 23 juillet. De même qu'en 2018, la différence entre B et C correspond à la fertilisation d'implantation de la culture qui n'est pas effectuée sur le paillage biodégradable.

	MODALITES		
ELEMENTS	A	B	C
N	180	67	73
P	241	35	56
K	323	69	69

La modalité A montre un fort niveau de fertilisation qui peut expliquer les niveaux élevés visibles sur les courbes des VIC décrites dans le rapport de l'ARDEPI. Sur la B, les courbes de VIC ont montré un niveau anormalement bas à 15 et 25 cm, ce qui confirme la faiblesse des apports en fertilisants en 2019. De même que pour l'irrigation, nous avons apporté une fertilisation sur les modalités B et C très proche de la limite de la demande des plantes dans ces conditions climatiques. Il n'y a pas eu d'analyse de sève dans ces circonstances.

3.4. Récolte :

Les modalités ont été récoltées le 4 septembre par simulation d'une récolte mécanique en coupant 4 plantes par micro-parcelles et 3 répétitions par modalité. Les résultats de la récolte sont présentés dans la courbe ci-après avec le Rendement, la Matière Sèche Soluble et le paiement de l'usine en fonction de ces 2 critères. Les photos illustrent que le paillage se délite toujours à la récolte et ne se retrouve pas dans les palloxs.



Malgré une Ferti-irrigation de confort comme en 2018, le rendement de la modalité A du producteur, 70 T/ha, est quasi équivalent à celui de la modalité B, 65 T/ha, optimisé à la limite du stress pour sa fertilisation, son irrigation et avec, de plus, pas de désherbage chimique. En ce qui concerne l'importance de Matière Sèche Soluble dans les fruits (MSS) exprimée en degrés Brix, la logique est à nouveau respectée comme en 2018, et d'autant plus que l'écart d'irrigation important et l'absence de pluie ont compté. Avec près de 60 % d'irrigation en moins, les modalités B et C sont à 7,5 et 6,8°Brix contre 6,1°Brix pour la modalité A. La modalité B tire donc son épingle du jeu dans ces conditions climatiques venteuses et caniculaires et ces conditions de ferti-irrigation proches du stress. Dans ces mêmes conditions, la modalité C n'a pas eu le niveau de rendement des autres modalités avec 46 T/ha. Nous avions donc bien atteint la limite du stress via la ferti-irrigation.

3.5. Bilan de la campagne 2019 :

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des éléments discutés sur les pages précédentes avec une notion de coûts et d'écart de « bénéfice » des différentes modalités par rapport à la modalité A du producteur.

2019			
	A	B	C
Coûts Fertilisation en €	**1373**	**486**	**580**
IFT Herbicide	**2,3**	**0**	**2,1**
IFT Global	9	5	8
Coûts Traitements en €	**304**	**172**	**240**
Volume irrigation (mm)	657	281	282
Coûts Irrigation en €	**657**	**281**	**282**
Rendement en T/ha	70,2	65,0	46,2
MSS en °Brix	6,10	7,50	6,80
Paiement usine en €	**5969**	**5525**	**3928**
Coût du Paillage en €		**1200**	
Différence coûts/paiement en €	3634	3387	2826
Différence Modalités /Modalité A	0	-248	-809
Efficacité de l'eau en Kg/M3	**10,7**	**23,2**	**16,4**
Efficacité de l'eau en Kg MSS/M3	**0,65**	**1,74**	**1,11**

La modalité B, avec paillage biodégradable permet d'éliminer totalement les apports en herbicides sur la parcelle tout en ayant un rendement quasi équivalent à la modalité du producteur. Les 2 autres modalités sont proches avec un peu plus de 2 IFT.

En ce qui concerne l'irrigation, une économie d'eau de près 60% a été atteinte sur la modalité B par rapport à la modalité A. Lorsque nous regardons les données d'Efficacité de l'eau utilisée pour produire un kilogramme de fruit et de MSS, avec 1 m^3, la modalité B produit à nouveau 23 kg de fruits et 1,74 kg de MSS alors que le producteur n'en produit que 11 kg et 0,65 kg. La modalité C, au niveau du stress en ferti-irrigation, produit encore 16 kg de fruits et 1,11 kg de MSS.

Sur les seuls éléments de coûts présentés dans le tableau, nous pouvons établir un écart de « bénéfice » entre les modalités et celle du producteur qui est négatif comme en 2017 mais de 248 € sur la modalité B, seule à même de remplir les critères de notre objectif. La perte de rendement de la modalité C réduit de 809 € l'écart de bénéfice avec la modalité A du producteur.

CONCLUSION DES 3 ANNEES ET PERSPECTIVES

L'objectif principal de cette expérimentation sur 3 années était de 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 devaient 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 était 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.

En ce qui concerne la gestion des adventices, le système de culture incluant le paillage biodégradable est celui qui tire son épingle du jeu sur ces 3 années d'expérimentation. En effet, il est celui qui a permis de ne plus utiliser d'herbicides de synthèse pour l'ensemble du cycle cultural et les inter-cultures, tout en maintenant un niveau de rendement équivalent à celui du producteur. Les adventices sont binées entre les bandes de plastique biodégradable. Quelques-unes peuvent être concurrentielles si les trous d'ouverture du paillage lors de la plantation sont trop grands, et si le paillage se déchire avec le vent. Au niveau de son positionnement, le producteur n'a qu'à préparer ses planches au dernier moment. Il est donc plus serein par rapport à une application d'un herbicide anti-germinatif qui nécessite d'être incorporé par une irrigation de 10 à 15 mm pour être efficace sur les graines de mauvaises herbes. La plupart du temps, les producteurs ne désherbent finalement qu'après une pluie ou sur planches fraîchement préparées et le plus proche de la plantation. Ceci est d'autant plus délicat que ces herbicides ont une sélectivité de position. Les plantes de tomates disposées dans le sillon de plantation traversent le « film » herbicide sur la planche et peuvent donc être en contact avec lui au niveau des racines. Cela provoque une phytotoxicité généralement légère pour cette espèce considérée comme vigoureuse.
Seules 2 années d'expérimentation ont éliminé le système d'EV couché. Il est en effet délicat, notamment pour des plantations de fin de printemps, de devoir gérer une inter-culture que nous aurons à coucher au stade idéal après floraison, avec une biomasse suffisante. Pour ces 2 années, avec des EV différents, les repousses de ceux-ci ont montré que nous les avions couchés trop tard dans les 2 cas. Nous avions donc une concurrence spatiale d'adventices et de ce précédent dans la culture. De plus, la technique d'implantation a été complexe les 2 années car il était impossible de tasser la terre autour du sillon de plantation pour mettre les racines des mini-mottes à l'abri de l'air.

En ce qui concerne l'irrigation, le pilotage de l'irrigation à l'aide des sondes capacitives est bien adapté aux cultures de tomate plein champ. Les sondes capacitives Sentek ont montré de bonnes performances de fonctionnement et de précisions de mesure avec l'appui de l'expertise de l'ARDEPI. **Nous avons pu mettre en avant une économie d'eau conséquentes sur les 2 dernières années d'expérimentation pour la modalité de paillage biodégradable, respectivement 20 et 60 % de moins, tout en ayant le même niveau de rendement et une meilleure teneur en MSS.** Nous avons vu que cette modalité permet de produire régulièrement 25 kg de fruits et autour de 1,5 kg de MSS avec 1 m^3 d'eau là ou le producteur est plutôt sur 10 kg de fruits et 0,6 kg de MSS. Cette optimisation est possible dans la mesure où le réseau d'irrigation permet la capacité de fractionnement. Ce niveau d'économie en eau sera variable selon le niveau d'équipement du réseau du producteur, de son acquisition en outils connectés performants et de son accompagnement technique.

Pour la fertilisation, la visualisation de VIC est un indicateur du niveau de fertilisation par la mesure de la salinité mais la possibilité de piloter la fertilisation avec cette donnée n'est pas possible. **Les analyses de sève effectuées les 2 premières années ont montré des niveaux de nitrates dans les plantes différents sur la modalité avec paillage biodégradable par rapport à ceux du producteur, avec un niveau de fertilisation plus important, mais aussi par rapport à ceux de fertilisation identique mais sans paillage.** La minéralisation dans le sol est différente, décalée, avec le paillage et donc en fonction de la température du sol. Il est difficile de prédire l'efficacité de la fertilisation dans ces circonstances avec la méthode PILAZO et l'analyse de sève. **La dernière année d'expérimentation, avec une très faible ferti-irrigation et dans des conditions climatiques caniculaires, a montré que ce paillage biodégradable était capable de maintenir un bon niveau de rendement en fruits et MSS, contrairement au système avec la même ferti-rrigation bas-intrants mais sans paillage.**

Le système de culture avec paillage biodégradable est donc celui qui permet d'éliminer totalement les apports en herbicides de synthèse sur la parcelle tout en étant une réponse technique répondant aux objectifs d'économies d'eau et de fertilisants. La rentabilité économique liée au coût du paillage, au temps de sa mise en place et de la plantation doit cependant encore être vérifiée pour que ce système remplace celui actuellement utilisé par les producteurs.
De nouvelles sondes connectées mesurant individuellement les éléments azotés et potassiques présentes depuis peu sur le marché pourraient nous aider à évaluer les niveaux de fertilisation des éléments azotés et potassiques dans le sol en complément de l'analyse de sève, et de finaliser une grille plus adaptée pour ce système. **La combinaison de l'utilisation des sondes Sentek, des imageries des flux d'eau dans le sol, et de ces nouvelles sondes connectées de mesure des fertilisants, doit être testée dans l'objectif de nous permettre de sécuriser les pratiques des producteurs pour optimiser ses apports d'eau et de fertilisation dans ce système de culture avec paillage biodégradable. Ces nouveaux OAD et ce système de culture s'inscrivent bien sous l'angle de la double performance économique et environnementale de l'agriculture française ainsi que des attentes sociétales.**