

PROJET AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE  
INNOVATION ET EXPERIMENTATION EN AGRICULTURE

ORION

**Outils d'aide à la décision innovants  
pour une meilleure utilisation de la ressource en eau  
et du potentiel nutritif du sol**

**Ardepi - Aprel**

Années 2017 - 2020

## Sommaire

Introduction.....	3
Objectifs .....	3
Matériels et Méthodes.....	3
Action A – Parcelle sous abri – Poivron.....	4
Contexte .....	4
AA-1 Diagnostic d’installation d’irrigation .....	4
AA-2 Expertise en irrigation .....	6
Campagne 2018.....	6
Campagne 2019.....	10
AA-3 Test d’évaluation des performances des outils connectés .....	17
Suivi 2018 .....	17
Suivi 2019 .....	20
Action B – Parcelle Plein champ – Carotte.....	24
Contexte .....	24
Matériels et méthodes.....	24
AB-1 Diagnostic d’installation d’irrigation.....	26
AB-2 Expertise en irrigation.....	30
Suivi 2018 .....	30
Suivi 2019 .....	35
Diffusion des résultats.....	42
Bilan et perspectives .....	44
Annexes	

## Introduction

Ce rapport présente le compte rendu global des résultats du projet ORION pour les deux années de suivi 2018 et 2019. Le projet ORION a été mis en place afin d'apporter des réponses à la profession agricole sur les thématiques de l'optimisation de la fertilisation azotée, l'irrigation et sur une réflexion globale autour de la vie du sol. Le projet a permis de tester des nouveaux outils connectés et des méthodes d'analyse pour transférer aux agriculteurs des protocoles et des références pour une meilleure utilisation de la ressource en eau et du potentiel nutritif du sol. Le projet a été mené en partenariat avec l'Apré.

## Objectifs

Le but général du projet est de construire une boîte à outils à destination des producteurs de légumes en plein champ et sous abris. Ces nouveaux outils doivent permettre une aide au pilotage de l'eau et de la fertilisation ainsi que des indicateurs du fonctionnement du sol. L'objectif est d'arriver à une réduction des intrants (eau et fertilisation azotée) par une amélioration de la connaissance du fonctionnement du sol et de son évolution sur ses caractéristiques tel que la teneur en eau.

Plus spécifiquement, pour l'irrigation, l'objectif est de tester des outils pour la maîtrise de l'irrigation. Il s'agit de tester et valider les performances, la fiabilité et l'ergonomie de deux outils qui sont les sondes capacitatives Sentek associées à Aqualis Irrimax 2D, et les sondes tensiométriques Watermark de la société Weenat.

## Matériels et Méthodes

Pour mener à bien ce projet, l'étude a été réalisée sur deux sites directement chez les producteurs. On retrouve un site en culture de poivron sous abris sur la commune de Graveson (13), et le deuxième site est à Cadenet (84) sur une parcelle de carotte en plein champ.

### Thème de l'irrigation :

Sur le site « sous abris », deux sondes capacitatives (Sentek) ont été mise en place afin de suivre l'état d'humidité et de salinité du sol. Un boîtier disposant de deux sondes a permis d'utiliser la visualisation de la teneur en eau en deux dimensions par le logiciel Irrimax 2D. En Parallèle, six tensiomètres weenat connectés ont été disposés dans le même tunnel pour analyser l'évolution de la tension de l'eau dans le sol. Le projet a permis de comparer l'utilisation de ces deux outils connectés. Pour la partie en plein champs, une sonde capacitive Sentek et un compteur connecté Solem ont été disposés afin de suivre et d'aider au pilotage des irrigations. Les dispositifs de l'expérimentation pour la partie « irrigation » seront détaillés dans la suite du rapport pour les deux sites.

*Note : Les dispositifs expérimentaux réalisés par l'Apré sont détaillés dans le compte rendu de l'Apré déposé en parallèle de celui-ci.*

## Action A – Parcelle sous abri – Poivron

### Contexte

L'exploitation suivie dans le cadre du projet ORION pour la partie « maraichage sous abris » se situe sur la commune de GRAVESON dans les Bouches-du-Rhône. La culture étudiée durant les deux campagnes (2018 - 2019) est une culture de poivron sous tunnel en conduite biologique. Le sol est argileux profond.

### AA-1 Diagnostic d'installation d'irrigation

#### Site 1 : Etude des performances hydrauliques de l'installation de tête et du réseau de distribution

Pompe : DAB NKP 50-160/169 débit 20-100 m<sup>3</sup>/h à 39,9-30 m de HMT, en fonctionnement sortie de pompe 3 b.

Filtre : Amiad à tamis jaune équipé de manomètres (amont – aval), 4 pouces (100 mm) = 80 m<sup>3</sup>/h. tamis jaune (100 microns).

Un réseau pour l'aspersion séparé de diamètre 125 mm, pour le goutte-à-goutte diamètre 63 mm. 4 départs de vannes manuelles dans la station.

1 électrovanne par tunnel pour l'aspersion.

1 régulateur de pression par tunnel.

Fonctionnement du système goutte-à-goutte en direct avec 4 tunnels.

Tunnel de 8 m (largeur), longueur = 60 m, double rampes aspersion diamètre 32 mm, asperseur Plastro Rondo buse blanche ailette verte, débit 132 l/h à 2 bars, espacement sur rampe 3 m, et asperseur NDJ Green Spin buse noire ailette noire, débit 160 l/h, espacement sur rampe 3 m.

Recommandations fabricant : filtration à 200 microns. Espacement asperseur de 3 m, espacement entre rampes de 5,4 m, pression à l'asperseur 2 b.

#### Test débit pression sur le goutte-à-goutte

Lors de la visite de la parcelle le 12 octobre 2017, la parcelle déterminée pour le projet est plantée en poivron, équipé de gaine goutte à goutte. Le système en aspersion ne peut être mis en route pour ne pas mouiller les plantes (raison sanitaire), le contrôle débit/pression du système d'aspersion sera donc fait ultérieurement.

Mesures de débit et pression du système goutte-à-goutte : marque Rivulis, espacement 20 cm, débit non connu par le producteur.

Un test manuel donne les résultats : pression mesurée fin de rampe = 0,5 b, débit mesuré = 0,95 l/h.

#### Evaluation de l'uniformité d'irrigation

Une forte présence de taupins sur la parcelle perce des trous dans la gaine, de nombreuses fuites sont visibles sur le goutte-à-goutte et en marchant dans les passages certains secteurs s'enfoncent sous le pied. Le producteur constate des problèmes de cul noir sûrement en lien avec ces fuites.

Suite à la réunion du COPIL du 24 novembre 2017, le producteur nous a informés que ce site ne serait pas mis en culture durant la campagne 2018. La parcelle de suivi est repositionnée sur le site n°2 de culture sur la même commune. Cette parcelle (site 1) sera en plantation en 2019.

#### Site 2 : Etude des performances hydrauliques de l'installation de tête et du réseau de distribution

Pompe : DAB NKP 50/800 T débit 24-78 m<sup>3</sup>/h à 56,7–25 m de HMT, en fonctionnement sortie de pompe est de 3 b.

Filtre : Amiad à tamis jaune équipé de manomètres (amont – aval), 4 pouces = 80 m<sup>3</sup>/h tamis jaune (100 microns).

Un réseau en sortie diamètre 90 mm, deux sorties alimentant les tunnels nord et tunnels sud. Des électrovannes pour le réseau en aspersion et pour le réseau goutte-à-goutte. Des régulateurs de pression par tunnel mais les ressorts ont été retirés pour l'aspersion et le niveau de régulation pour le goutte-à-goutte n'ai pas connu.

Le système goutte-à-goutte sera équipé de gaine Rivulis bande blanche (T-Tape) espacement 20 cm, débit 1 l/h à 0,55 b.

La pompe fonctionne avec 4 tunnels pour la partie sud, 3 tunnels de 8m x 112m (896 m<sup>2</sup>) + 1 tunnel de 9,2m x 100m (920 m<sup>2</sup>). 5 rangs de goutte-à-goutte (6 pour le tunnel 9,20 m) seront positionnés dans chaque tunnel pour 5 rangs de poivron. Les tunnels les plus longs sont alimentés par le centre.

Tunnel : largeur = 8 m, longueur = 60 m, double rampes d'aspersion diamètre 32 mm, asperseur Plastro Rondo buse blanche ailette verte, sans anti-goutte, débit 132 l/h à 2 bars, espacement = 3x 4,5m, H= 1,50 m du sol.

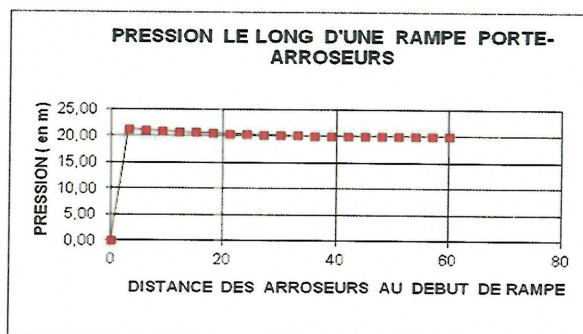
Recommandations fabricant : filtration 200 microns. Espacement asperseur 3 m, espacement entre rampes 5,4 m, pression à l'asperseur 2 b.

#### Analyse du dimensionnement du matériel et du fonctionnement complet de l'installation :

##### Test de pression sur la partie aspersion

La pression varie au pompage selon les secteurs mis en route, de 4,2 b à 3,8 b. La pression au tunnel à l'entrée de la rampe est de 2,12 b.

<b>Nombre d'arroseurs</b>	20
<b>pression max.</b>	21,28
<b>pression min.</b>	20,00
<b>pression moy.</b>	20,36
<b>écart à la moy. %</b>	6
<b>débit moy.</b>	133
<b>débit: écart à la moy. %</b>	3
<b>débit d'entrée</b>	2664



D'après les calculs théoriques la pression d'entrée de 2,13 b est suffisante pour garder une pression de 2 b en fin de rampe. Ce test sera réalisé ensuite sur le système goutte-à-goutte lorsque celui-ci fonctionnera.

D'après les calculs théoriques, les rampes en diamètre 32 mm sont bien dimensionnées, elles respectent une différence de pression inférieure à 20% pour une longueur de 60 m.

##### Analyse de l'uniformité d'irrigation

Résultat des tests Cantarel avec anti-goutte :

Plastro rondo	blanche	verte	160	2	3 x 4,5	160	11,9	78
---------------	---------	-------	-----	---	---------	-----	------	----

Les tests Cantarel mettent en évidence une uniformité d'irrigation de 78 %, ce qui est un résultat moyen. En revanche, l'installation du producteur n'est pas équipée d'anti-goutte, l'uniformité sera inférieure à ces résultats. Un maillage en 3x4m semblerait être plus performant :

Plastro rondo	blanche	verte	160	2	3 x 4	160	13,3	83
---------------	---------	-------	-----	---	-------	-----	------	----

Une possibilité de compteur volumétrique et de programmation connecté est à l'étude afin d'optimiser le pilotage de la parcelle.

### Conclusion

Le réseau d'irrigation est bien dimensionné, et respecte les consignes d'utilisation donné par les fabricants du matériel en place. L'uniformité d'irrigation de l'aspersion peut être améliorée, en ne positionnant des anti-gouttes sur les asperseurs. En revanche, celle-ci ne devrait pas poser de problème pour une culture en rangs.

## AA-2 Expertise en irrigation

### Campagne 2018

Les poivrons ont été installés le 22 mars 2018 avec un paillage plastique du sol intégral. Le printemps a été pluvieux et couvert durant le mois d'avril jusqu'au 15 mai. L'ensoleillement a ensuite été très fort avec des températures élevées jusqu'au 15 octobre. Les températures d'automne ont été plus élevées que la normale.

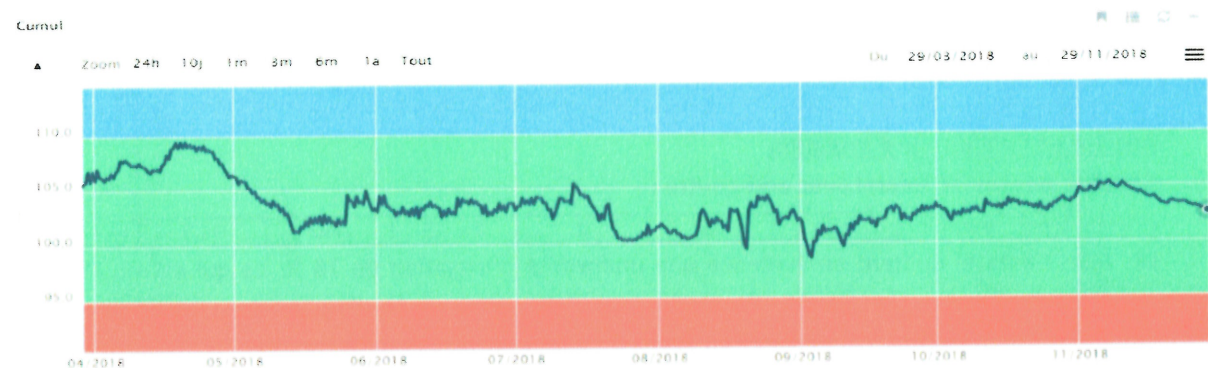
### *Le pilotage de l'irrigation*

Le poivron est une culture sensible au manque ou aux excès d'eau, la maîtrise des irrigations est très importante. Le sol est un sol argileux profond, qui peut facilement engendrer des problèmes (excès d'eau si apport massif). Lors d'apports d'eau réduits, l'argile se rétracte, des fentes de retrait apparaissent et pose des problèmes de diffusion de l'eau. La sonde qui a servi au pilotage a été placée à 12 cm du goutteur le 29 mars 2018. Les mesures d'humidité de sol sont directement accessibles sur l'interphase aqualis.fr et par smartphone. L'ensemble des partenaires de l'essai, l'Aprel et le producteur ont accès aux données.

Le pilotage des irrigations a été réalisé par le producteur, en concertation avec les conseils écrits directement sur le site [www.aqualis.fr](http://www.aqualis.fr). En effet, une fois par semaine durant les périodes fortes de variations climatiques, les techniciens de l'Ardepi ont émis des conseils sur l'interface (bilan des courbes et des conseils en annexe). En parallèle, le niveau d'humidité du sol a été vérifié régulièrement à la tarière.

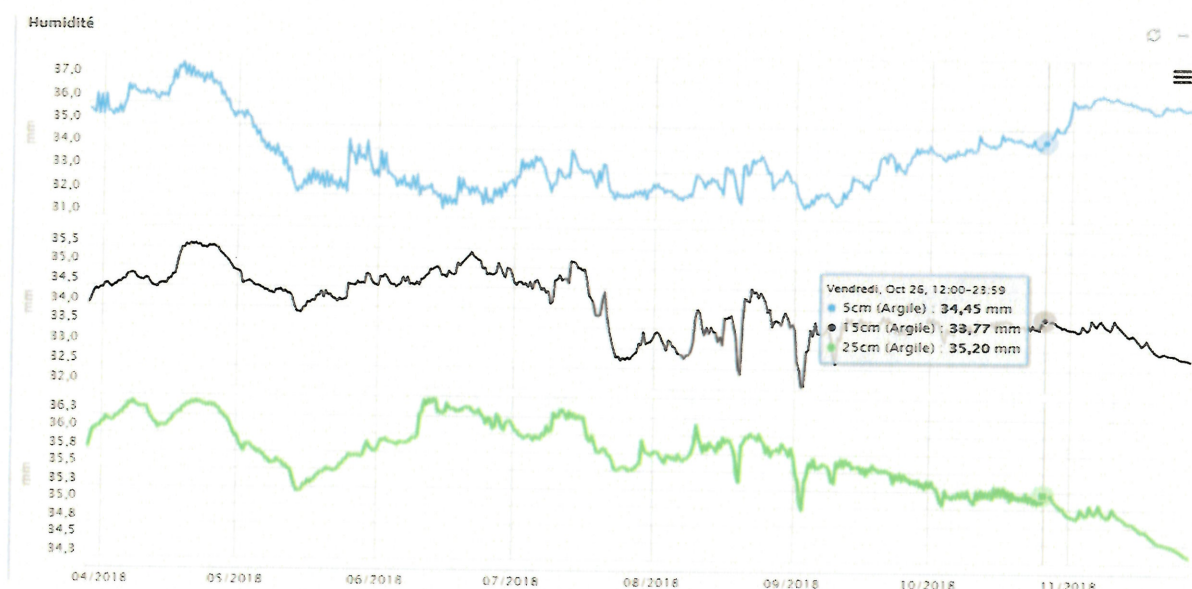
### *Bilan des humidités*

Figure 1 : courbe de l'humidité cumulée sur l'ensemble du profil (0-30 cm).



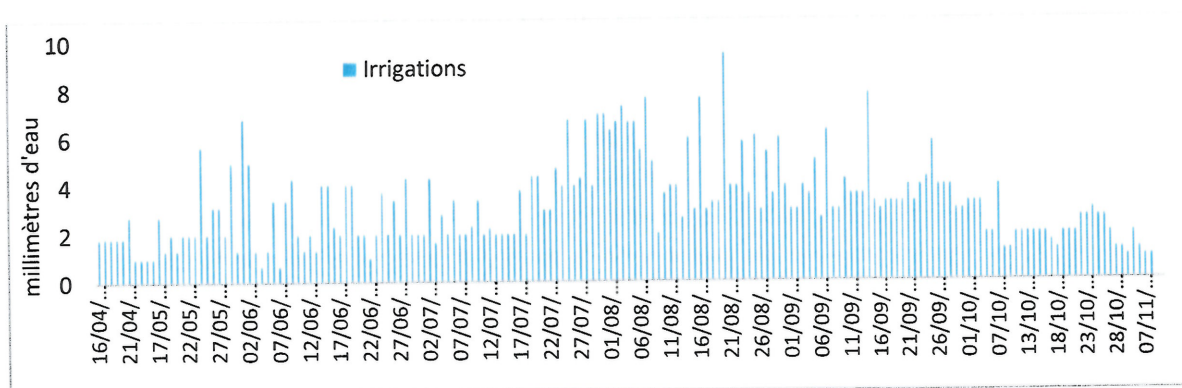
La conduite de l'irrigation en début de culture est en confort hydrique avec une humidité cumulée au-dessus de la ligne des 105 mm ; à ce moment, les apports sont principalement positionnés en aspersion. Les humidités de confort sont mesurées par la sonde à 5 cm de profondeur à 37,2 mm, à 15 cm à 35,5 mm et à 25 cm à 36,3 mm en date du 20 avril 2018 (sol mou à la tarière). Fin avril, Les irrigations sont ensuite fortement réduites, le climat est pluvieux et couvert. Pour ne pas développer de problèmes phytosanitaires les aspersion sont supprimées, ce qui se traduit par une chute régulière de la courbe des cumuls. Une observation de sol à la tarière au 15 mai, indique alors un sol dur et séchant en accord avec les mesures de la sonde, et une apparition de fentes de retrait et visible sous le paillage. Les humidités mesurées par chaque capteur sont à 5 cm de profondeur à 32,1 mm, à 15 cm à 33,8 mm et à 25 cm à 35,1 mm. Des aspersion sont alors cumulées à l'irrigation goutte-à-goutte afin de regonfler l'argile : 1 aspersion le matin et 2 à 3 irrigations goutte-à-goutte/j. Durant le reste de la campagne, les irrigations sont positionnées, dans l'objectif de maintenir la courbe des cumuls, la plus régulière possible entre 100 et 105 mm.

Figure 2 : courbes des humidités par capteurs



Les humidités par capteurs oscillent entre 32 et 36 mm. Après les fortes chaleurs de juillet, les irrigations sont fractionnées avec un objectif de faire diminuer progressivement la courbe en profondeur. On constate cette baisse de la courbe des humidités sur le capteur 25 cm du 16 juillet jusqu'à la fin de la culture le 29 novembre, avec une pente plus importante que sur les autres capteurs.

Figure 3 : graphique des apports d'eau (mm)

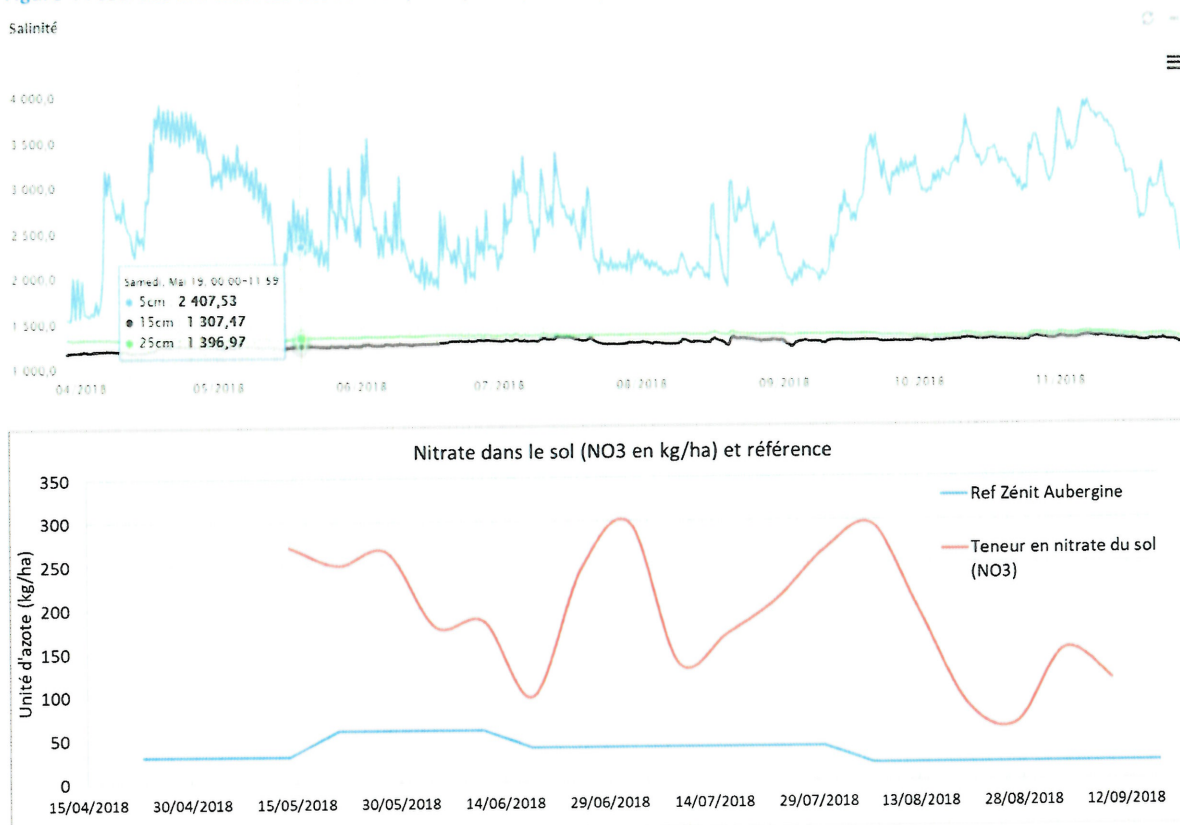


Sur toute la campagne, le volume d'eau d'irrigation apporté est de 572 mm selon les notations du producteur. Ce volume est modéré pour une année particulièrement chaude.

### Courbes des salinités et fertilisation azoté

Les courbes de salinités données par les sondes Sentek sont comparées aux analyses du nitrate dans le sol (Nitratetest) effectuées en cours de campagne.

Figure 4 : courbes des salinités des sondes par capteur (en haut) et suivi azote - Nitatest (en bas)



Les courbes de salinités ont été observées, leur tendance suit la courbe des humidités par capteurs, ce qui indique que l'eau apportée met en solution les éléments présents dans le sol. Le niveau de la courbe des VIC à 5 cm est très variable allant de à 2 000 VIC à 4 000 VIC. Les capteurs 15 et 25 cm sont très constants avec des variations comprises entre 1 300 VIC et 1 400 VIC.

Les mesures d'azote dans le sol obtenues par l'Aprél montrent plusieurs pics importants de minéralisation, semaine 20 (14 mai au 23 mai), 27 (du 1<sup>er</sup> juillet au 8 juillet) et semaine 32 (du 6 août au 12 août). Les variations de la courbe des VIC à 5 cm ont la même tendance que les variations de la mesure de d'azote (N-NO<sub>3</sub>-) dans le sol.

Le suivi des teneurs en azote dans le sol au cours de la culture de poivron a montré une situation confortable pour les plantes. Ce que peut confirmer les courbes des VIC avec un niveau de VIC supérieur à 1 300 VIC (si l'on considère 1 300 VIC comme seuil moyen selon l'essai SYSTOM).

L'ensemble de la fertilisation a été apporté en fumure de fond avant plantation, semaine 11 :

- 2.5T/ha de Biomazor 5-8,5-9,
- 2.5 T/ha de tourteau de ricin
- 6T/ha de Fumiflor

Pour un total de 352 unités d'N, 310 unités de P et 322 unités de K.

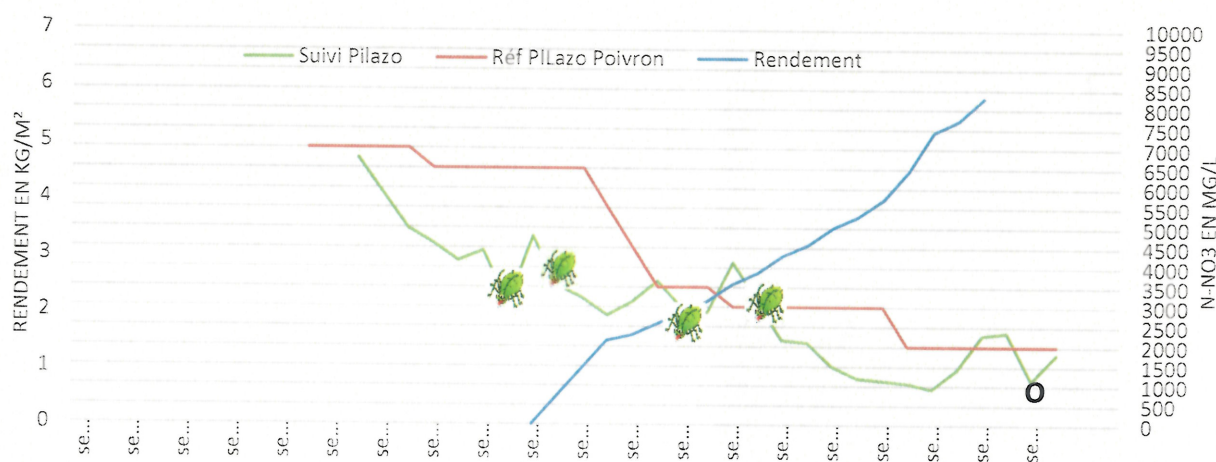
Tableau 1: Unités de N,P,K apportées sur la culture de poivron

Engrais	Dose	équilibre	Unités		
			N	P	K
Biomazor	2,5 T/ha	5-8,5-9	125	225	213
Tourteau de ricin	2,5 T/ha	1,9-1-1,4	113	25	25
Fumiflor	6 T/ha	4,5-1-1	114	60	84

Le rendement producteur a été de 7kg/ha.

Selon les mesures Pilazo, 4 piques d'azote sont visibles dans les plantes, avec attaques de pucerons (données Aprél), semaine 22, semaine 24, semaine 28 et 32.

Figure 5 : Suivi de la teneur en azote de la plante, PILazo et rendement



La tendance de la courbe Pilazo montre une présence d'azote continuellement en baisse, hors piques. La courbe de l'azote absorbé par la plantes est en dessous de la courbe Pilazo de référence. La conduite de la fertilisation azotée semble satisfaisante, sans excès.

## Conclusion et perspectives 2019

Le suivi des irrigations avec la sonde Sentek permet d'optimiser les irrigations, cet outils est facilement utilisable par le producteur qui a modulé ses irrigations en fonction des données visibles sur son Smartphone accompagné de l'expertise de l'Ardepi. Le résultat agronomique est satisfaisant par rapport aux niveaux d'apport d'eau et en fertilisation pratiqués sur la parcelle. Le sol est un sol type argileux qui ne supporte pas les baisses d'humidité fortes sous peine d'engendrer des fentes de retrait. L'étude des courbes de salinité donne une perspective intéressante sur les niveaux de la fertilisation sur la parcelle. Ces résultats sont à confirmer sur plusieurs années de culture et plusieurs types de sol.

## Campagne 2019

L'année 2019 a été assez différente de 2018 sur le plan climatique. Le printemps a été sec avec un taux d'ensoleillement important dès le mois d'avril. Durant l'été, les températures ont été élevées avec un épisode caniculaire à partir du 20 juin 2019 (température atteignant les 45°C). La fin de saison a été marquée par un mois de septembre relativement couvert et pluvieux, avec des températures proches de la normale.

## Le pilotage de l'irrigation

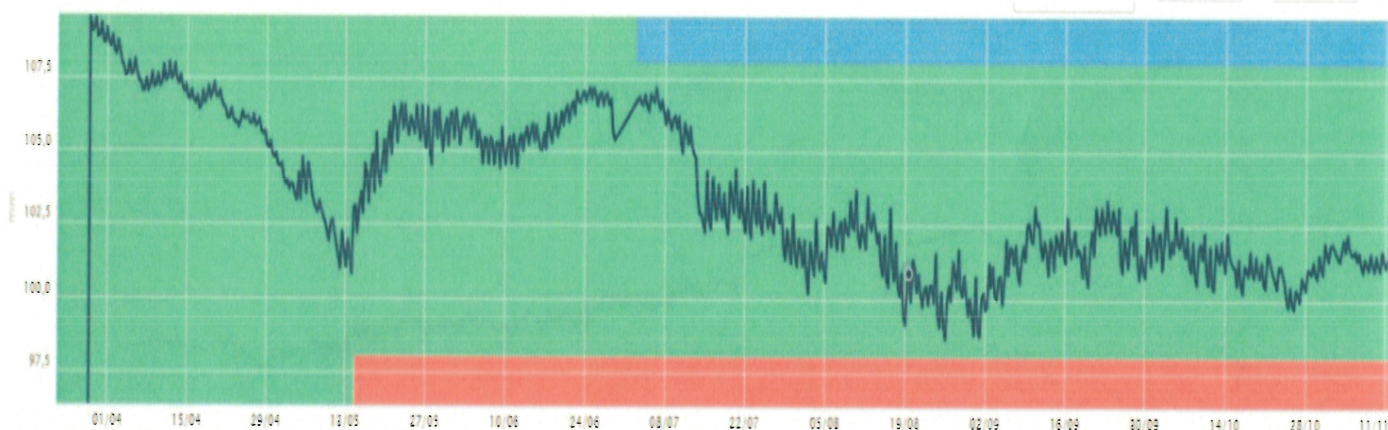
Figure 6 : Emplacements des boîtiers de transmission et sondes capacitive.



La culture de poivron est sensible aux variations d'humidité du sol (il faut éviter les excès ou les manques d'eau). Le pilotage de l'irrigation est alors un facteur essentiel afin d'obtenir des rendements convenables pour le producteur. Comme pour 2018, deux sondes ont été placées proches l'une de l'autre (pour la méthode Irrimax 2D). Le pilotage de l'irrigation a été suivi essentiellement par la sonde ardepifox\_04 (la plus proche de la gaine d'irrigation). Les sondes ont été placées le 28 mars 2019. La sonde n°03 a été placée à 15 cm de la gaine et à 20 cm du plant de poivron. La sonde n°04 a été placée à 5 cm de la gaine et de la culture (voir photos ci-dessous). Le pilotage des irrigations a été réalisé par le producteur, en concertation avec les conseillers de l'Ardepi. Régulièrement le niveau d'humidité du sol a été vérifié à la tarière.

## Bilan des humidités

Figure 7 : courbe de l'humidité cumulée sur le profil de sol (0-30 cm)

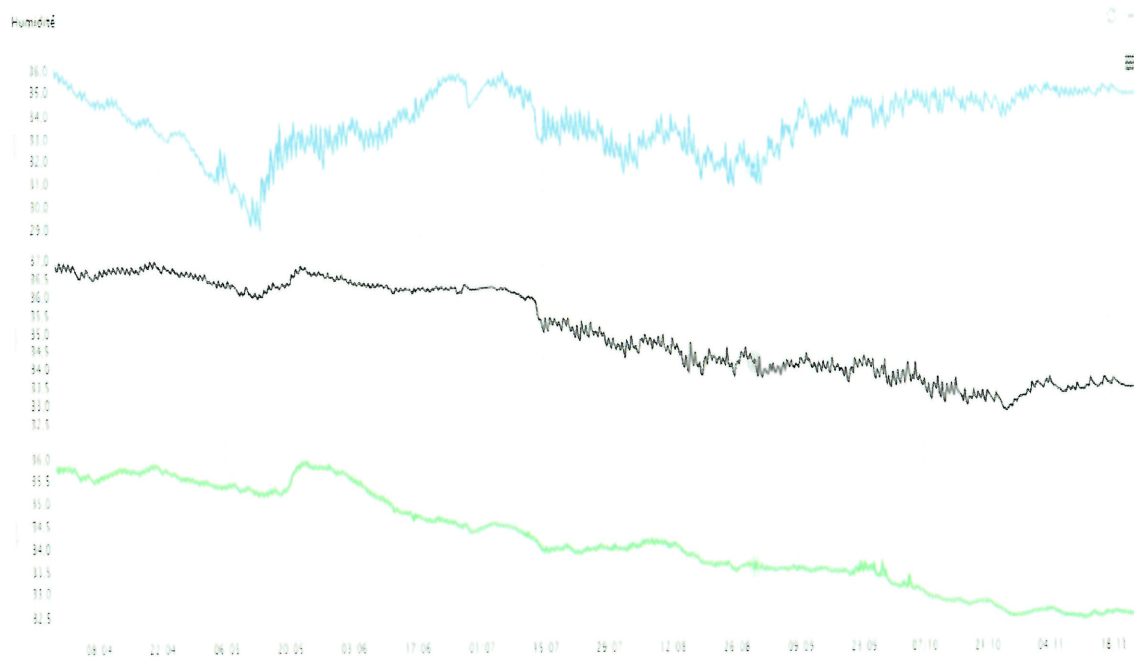


En début de saison, durant tout le mois d'avril et jusqu'au 13 mai, les humidités n'ont fait que baisser régulièrement. L'humidité cumulée est passée de 108 mm à 101 mm malgré les apports d'eau d'irrigation. Le 23 avril, une observation de sol à la tarière présente une humidité confortable pour la culture. En revanche, une visite du 14 mai a présenté un sol plus séchant, confirmant alors les résultats de la sonde avec une baisse continue de l'humidité. Ainsi, en ce début de saison, les irrigations ne compensent pas les prélèvements d'eau par la culture. A partir du 14 mai, les irrigations sont augmentées progressivement jusqu'à 30 minutes de goutte à goutte par jour. En parallèle, des aspersion sont réalisées de manière espacées (10 ou 15 min).

Cette conduite a pour résultat une augmentation de l'humidité jusqu'au 1<sup>er</sup> juin à un niveau de 105 mm. A ce moment-là, le sol présente une très forte humidité et la courbe se stabilise jusqu'au 20 juin. A cette date, les températures ont augmenté fortement et l'épisode caniculaire arrive à son maximum le 29 juin. En réponse l'exploitant augmente ses apports (50 min à 1h par jour) et des aspersion sont faites pour rafraîchir le tunnel. On remarque alors une augmentation de l'humidité cumulée jusqu'à 107 mm le 24 juin.

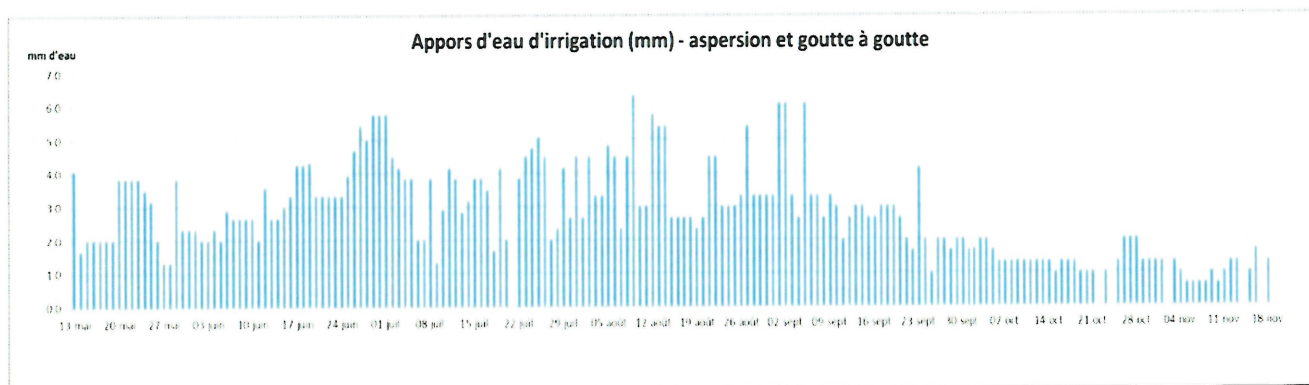
Une observation de sol le 3 juillet confirme un sol très humide voir à saturation. Il est alors conseillé à l'agriculteur de diminuer les apports afin de ne pas être en excès d'eau. Cela est fait progressivement début juillet avec des temps d'irrigation au goutte à goutte qui passent de 50 minutes à 30 minutes le 6 juillet. L'objectif est alors de stabiliser l'humidité entre 100 et 105 mm. Cet objectif est atteint, l'agriculteur adapte ses apports afin d'obtenir une humidité cumulée qui varie entre 98 mm et 102,5 mm durant les mois d'août, septembre et octobre. Des observations de sol le 13/08 et le 03/09 confirment une humidité de confort pour la culture.

Figure 8: courbes des humidités par capteur



Les humidités par capteurs oscillent entre 30 et 37 mm. On remarque que les humidités à 15 et 25 cm ont légèrement baissé du 20 mai jusqu'à la fin de la culture. Cependant les valeurs autour de 35 à 37 mm sont très confortables pour la culture. La légère baisse d'humidité montre que l'exploitant n'a pas apporté trop d'eau et que les apports correspondaient bien aux consommations de la culture à ces profondeurs. Le manque de données début juillet correspond au changement de batterie qui a été réalisé le 03/07.

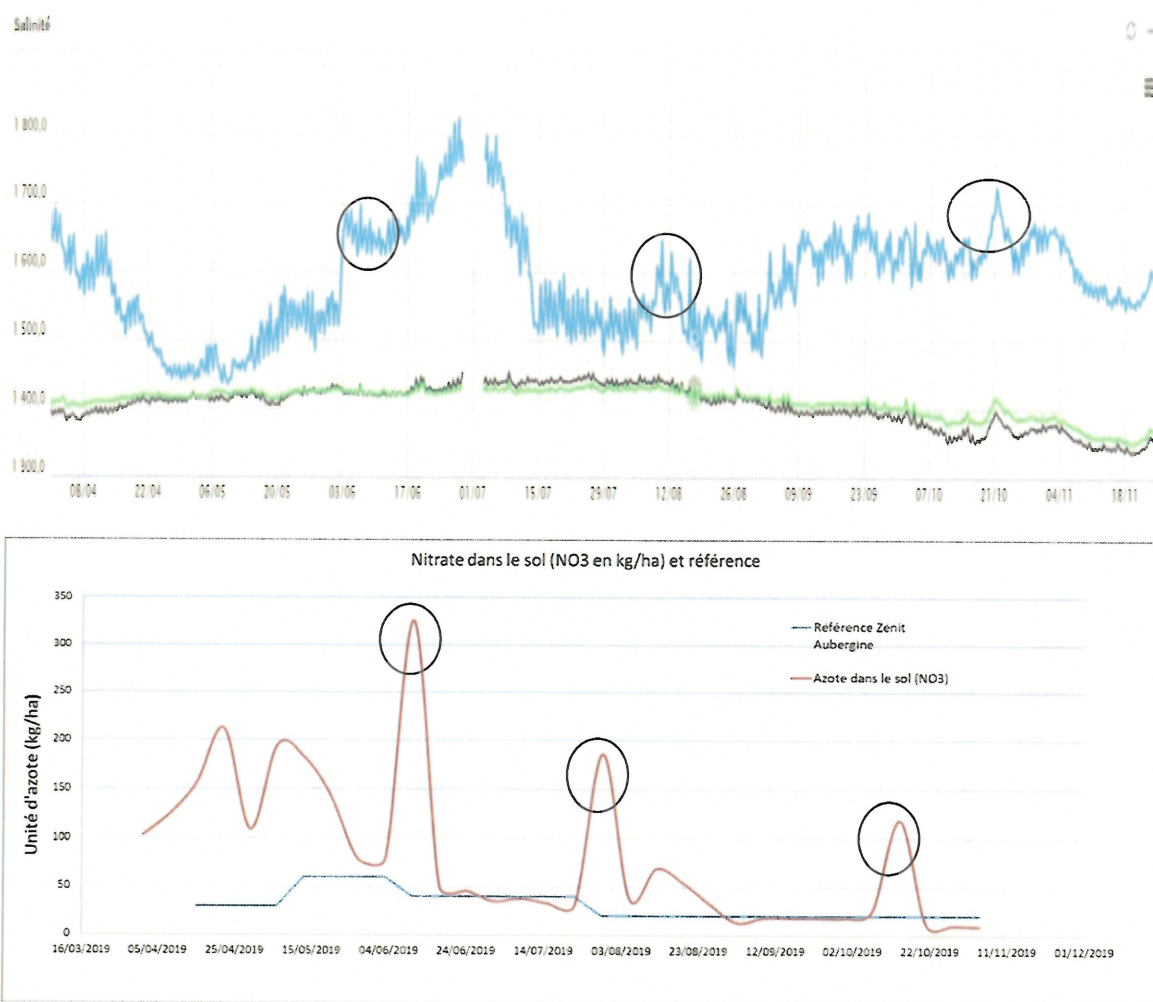
Figure 9 : graphique des apports d'eau (mm)



Le volume d'eau apporté est de 517 mm selon les notations du producteur. Ce volume est modéré pour une année 2019 qui a présenté des extrêmes climatiques en termes de température notamment. Pour rappel, en 2018, année très chaude aussi, le volume avait été de 572 mm.

### Courbes des salinités et fertilisation azoté

Figure 10 : courbes des salinités des sondes par capteur (en haut) et suivi azote - Nitatest (en bas)



Les courbes de salinités ont été observées. Comme pour 2018, leurs évolutions sont parfaitement corrélées aux courbes des humidités par capteurs. Cela est cohérent puisque l'eau d'irrigation apportée permet une mise en solution plus importante des éléments minéraux (dont le nitrate) présents dans le sol.

La courbe des VIC à 5 cm varie de manière importante entre 1450 VIC à 1800 VIC. Au contraire, à 15 et 25 cm, la salinité est constante entre 1350 à 1450 VIC. En comparaison avec la campagne 2018, les valeurs sont deux fois plus faibles sur le premier horizon malgré une fertilisation identique. A 15 et 25 cm, les valeurs de salinité sont proches.

Les mesures d'azote dans le sol obtenues par l'Apres montrent plusieurs pics importants de minéralisation, semaine 24 (10 juin au 17 juin), 31 (du 29 juillet au 4 août) et semaine 42 (du 14 octobre au 21 octobre). On remarque que lorsque l'on a un pic de mesure de nitrate dans le sol, on obtient aussi un pic de salinité sur le capteur 5 cm de la sonde Sentek. Par contre, les valeurs plus faibles d'azote dans le sol mesuré entre le 24/06 et le 22/07 ne correspondent pas aux résultats élevés de salinité sur le capteur 5 cm à la même période.

De plus, on remarque que la tendance générale à la baisse du nitrate au fil de la campagne se retrouve aux niveaux des courbes de salinités sur les capteurs 15 et 25 cm.

La fertilisation est identique à celle réalisée en 2018. L'ensemble a été apporté en fumure de fond avant plantation, la semaine 11 :

- 2.5T/ha de Biomazor 5-8,5-9
- 2.5 T/ha de tourteau de ricin
- 6T/ha de Fumiflor

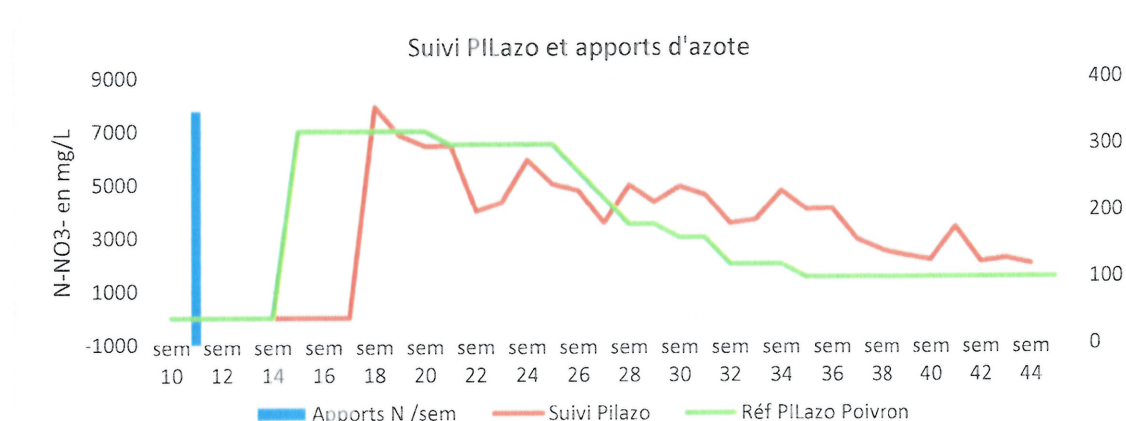
Pour un total de 351 unités d'azote, 310 unités de phosphore et 322 unités de potasse.

Tableau 2: Unités de N,P,K apportées sur la culture de poivron

Engrais	Dose	équilibre	Unités		
			N	P	K
Biomazor	2,5 T/ha	5-8,5-9	125	225	213
Tourteau de ricin	2,5 T/ha	1,9-1-1,4	113	25	25
Fumiflor	6 T/ha	4,5-1-1	114	60	84

Le rendement producteur a été de 5.8 kg/ha contre 7kg/ha en 2018.

Figure 11 : Suivi de la teneur en azote de la plante (PILazo)



La tendance de la courbe Pilazo montre une présence d'azote continuellement en baisse durant la saison (hors piques). La courbe de l'azote absorbé par la plantes est d'abord en dessous de la courbe Pilazo de référence, puis à partir de la semaine 27, elle devient supérieure. Les résultats sont cohérents au regard de la référence sur poivron. De plus, la conduite de la fertilisation azotée (un apport avant semis) semble satisfaisante.

#### **Conclusion sur la salinité et la fertilisation azotée :**

Les deux années de suivi de la salinité présentent des résultats intéressants au regard de la teneur en azote du sol mesurée. En effet, pour une fertilisation similaire en 2018 et 2019 on obtient des résultats différents en termes de teneur en azote dans le sol et dans la culture. Ces différences se retrouvent au niveau des valeurs de salinité du capteur à 5 cm des sondes capacitatives.

Tableau 3 : bilan des résultats

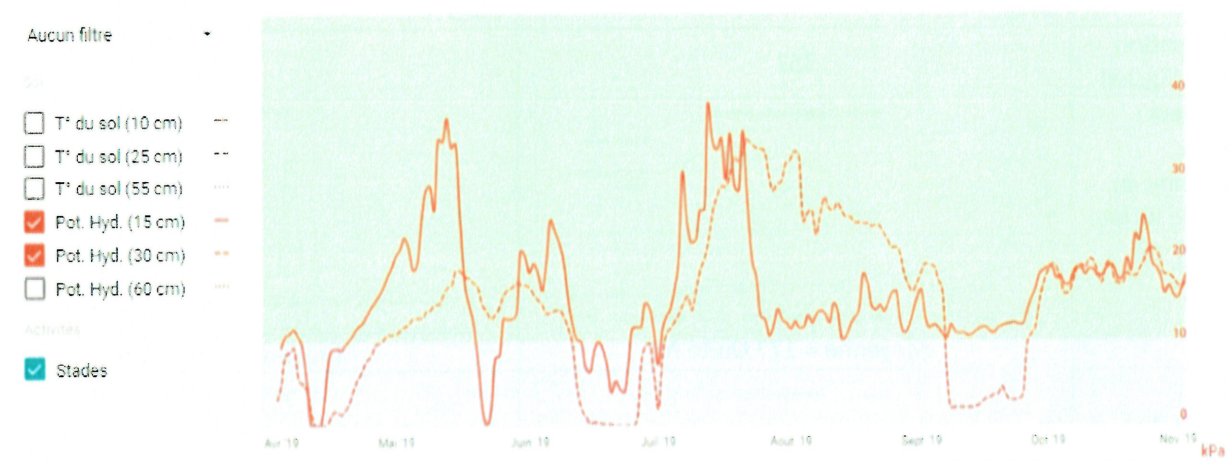
	2018	2019
<b>Fertilisation azoté (Kg/ha)</b>	352	352
<b>Nitraté : Valeur moyenne du taux de nitrate dans le sol (kg/ha)</b>	<p>Moyenne = 177 Unité N</p>	<p>Moyenne = 80 Unité N</p>
<b>Pilazo : Teneur en azote dans la plante (ppm)</b>	<p>Moyenne = 2960 ppm</p>	<p>Moyenne = 4118 ppm</p>
<b>Salinité : En VIC</b>	<p>Moyenne à 5 cm = 2500 VIC</p>	<p>Moyenne à 5 cm = 1600 VIC</p>
<b>Rendement : (kg/ha)</b>	7	5.8

En 2018, la teneur en nitrate du sol est en moyenne deux fois plus élevée que 2019 (177 Unité N contre 80 Unité N). On remarque qu'au niveau des salinités, à 5 cm, les valeurs sont aussi plus élevées en 2018 (2500 VIC contre 1600 VIC en 2019). Cela confirme l'hypothèse selon laquelle les données de salinité des sondes capacitatives nous donnent indirectement une indication sur le taux de nitrate présent dans le sol. De plus, malgré un taux de nitrate dans les sols plus important en 2018, l'assimilation de l'azote dans la culture n'est pas plus importante. Les résultats nous montrent même le contraire avec des teneurs en azote plus faibles en 2018 (2960 ppm en 2018 contre 4118 ppm en 2019). Il semblerait que la conduite de la culture soit plus optimisée au cours de la campagne 2019. Attention cependant car les rendements sont plus élevés en 2018 que 2019.

Tensiomètres Weenat : courbes des tensions de l'eau

La tensiométrie permet de mesurer la capacité de la culture à extraire l'eau du sol. Moins il y a d'eau dans le sol, plus celle-ci va être liée aux particules solides et plus il est difficile d'extraire l'eau pour la culture. Ainsi, la tension de l'eau augmente quand le sol s'assèche et celle-ci diminue lorsque le sol s'humecte. Quand la tension est à 0 cbar (ou kPa) le sol est complètement saturé.

Figure 12 : courbes des potentiels hydriques à 15 et 30 cm



La zone verte correspond à la zone de confort hydrique (10 à 55 kPa), la zone bleue (0 à 10 kPa) est la zone de saturation en eau du sol.

Du 3 au 20 avril, les courbes des tensions sont très basses (entre 0 et 10 kPa), cela correspond bien au moment où le sol été saturé en eau (visite du 23/04). Puis les courbes augmentent fortement jusqu'au 19 mai pour atteindre 35 kPa à 15 cm et 18 kPa à 30 cm. Le sol s'assèche plus rapidement à 15 cm. L'augmentation des apports à partir du 15 mai fait chuter les valeurs à 15 cm, tandis qu'à 30 cm elles diminuent légèrement pour atteindre 12.5 (kPa). Par la suite, on observe une période de saturation en eau du sol du 11 juin au 3 juillet qui correspond à l'augmentation des apports d'eau par l'agriculteur. Puis les tensions augmente sur les deux profondeurs du à la baisse des temps d'irrigation du début juillet (cf figure 6). Le 22 juillet les tensions baissent fortement à 15 cm puis se stabilise dans la zone de confort hydrique jusqu'à la fin de la campagne d'irrigation. A 30 cm, la baisse est plus progressive jusqu'au début septembre puis chute dans la zone de saturation entre le 6 septembre et le 27 septembre. Cela parait étonnant car à cette période les apports ont été réduits.

### **Conclusion :**

Le suivi et le pilotage des irrigations avec la sonde Sentek et les tensiomètres Weenat ont été satisfaisants pour les deux années de projet. Ces outils connectés permettent facilement de visualiser l'état hydrique du sol par le biais d'application simple d'utilisation. La conclusion sur la performance et l'évaluation de ces outils sera faite en dernière partie du rapport. L'utilisation de ces outils d'aide à la décision sur deux années de suivi nous a permis d'obtenir des seuils de pilotage des irrigations dans le contexte pédoclimatique de l'étude et pour la culture de poivron. Ci-dessous est présenté les seuils déterminés pour la sonde capacitive et pour les tensiomètres.

- ✓ Détermination de seuils de pilotage avec les sondes capacitives Sentek – culture de Poivron sous serre

Tableau 4: seuils de pilotage des humidités et des salinités

Seuils de la courbe des humidités cumulées	en mm
Seuil haut	105
Seuil moyen	100
Seuil bas	95
Seuils de la courbe des salinités	en VIC
Seuil moyen (5 cm)	1600
Seuil moyen (15 et 25 cm)	1400

- ✓ Détermination de seuils de pilotage avec les tensiomètres Weenat – culture de poivron sous serre

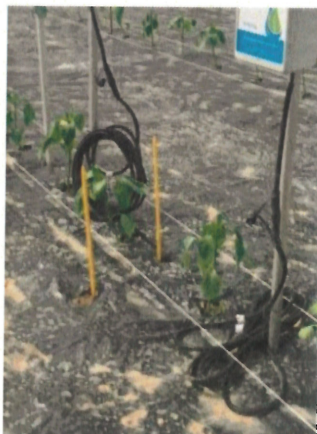
Tableau 5: seuils de pilotage des tensions de l'eau

Seuils de la courbe des tensions	15 cm (en kPa)	30 cm (en kPa)
Seuil haut	40	35
Seuil moyen	20	20
Seuil bas	10	10

## AA-3 Test d'évaluation des performances des outils connectés

### Suivi 2018

- Outils et logiciel testés :
  - a) Sonde capacitive Sentek
  - b) Modélisation Irrimax2D des flux d'eau dans le sol
  - c) Sonde tensiométrique Weenat : Le dispositif sondes tensiométriques connectés Weenat n'a pu être mis en place cette année du fait que la société Weenat n'a pas été en mesure de nous fournir la dernière version du matériel qui sera commercialisé en 2019. La version définitive du matériel et commercialisée sera testée en 2019 sur culture sous serre et repositionné au printemps 2020.



#### Dispositif de suivi :

La sonde 1 a été placée sur le rang de culture et à 12 cm du goutteur  
La sonde 2 a été placée à 19 cm du rang de culture et à 7 cm du goutteur.

Ce dispositif a été choisi afin d'encadrer la zone d'exploration des racines.

Le logiciel a été utilisé a posteriori du suivi irrigation.

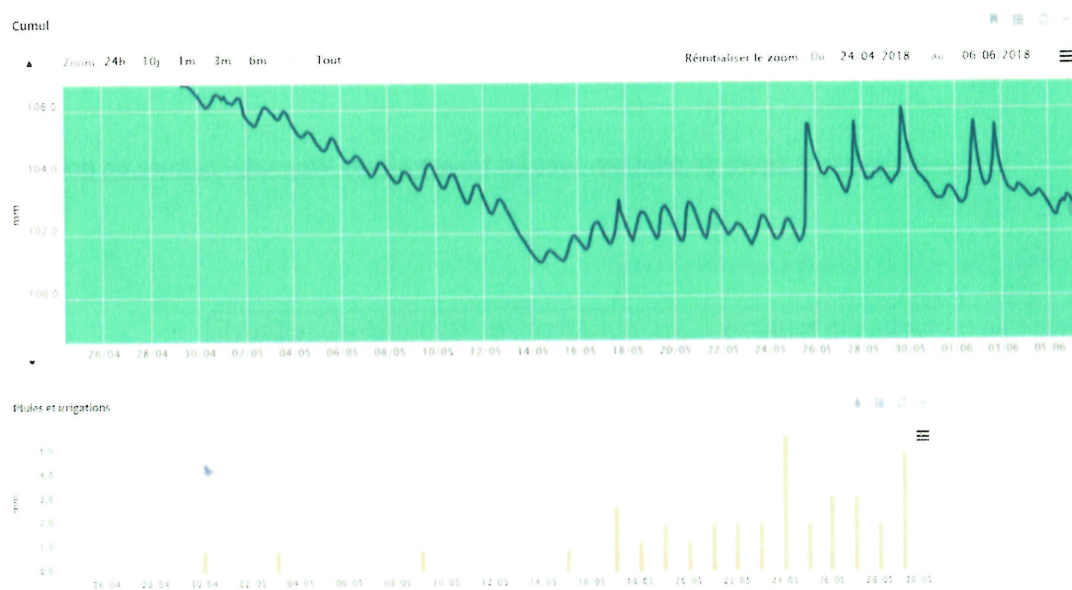
Deux situations ont été analysées, une en début de saison au 24 avril, et une au 3 septembre.

## Situation du 24 avril 18 au 06 juin 18 – Début de campagne

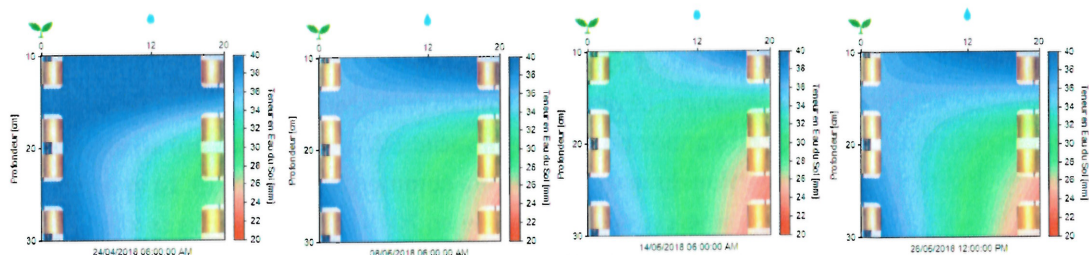
Le contrôle de l'humidité à la tarière montre un sol séchant et dur, l'humidité localisée à 10 cm du goutteur, on observe sous le paillage la présence de fentes de retrait. Cette situation est la conséquence d'un printemps pluvieux, le faible ensoleillement a incité le producteur à réduire ses irrigations pour ne pas provoquer d'excès d'eau ou de problèmes sanitaires.

Afin de redonner une humidité sur l'ensemble de la surface, des aspersion ont été programmées du vendredi 25 avril au lundi 28 mai 18.

### Sonde 1

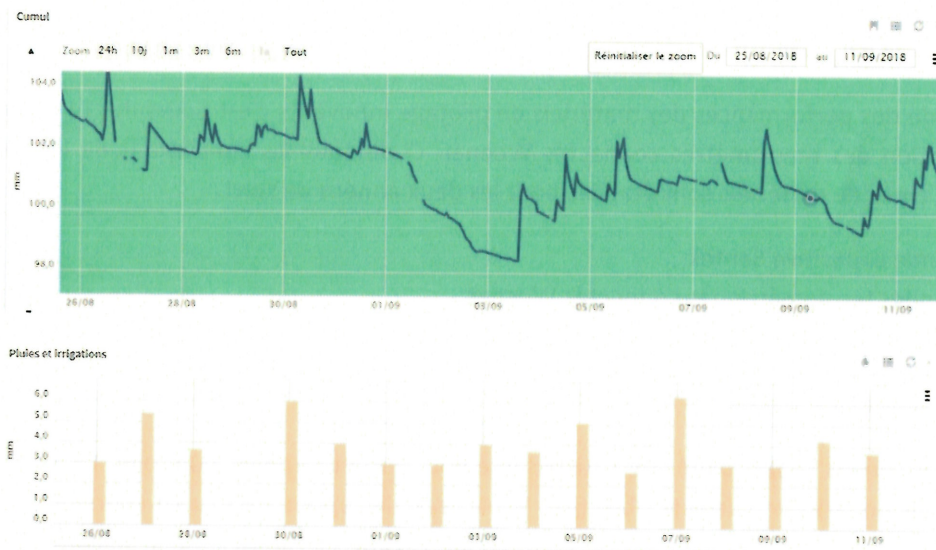


### Visualisation Irrimax 2D



L'extrait du 14 avril montre bien une situation de moins en moins confortable, avec de l'eau localisée vers le goutteur.

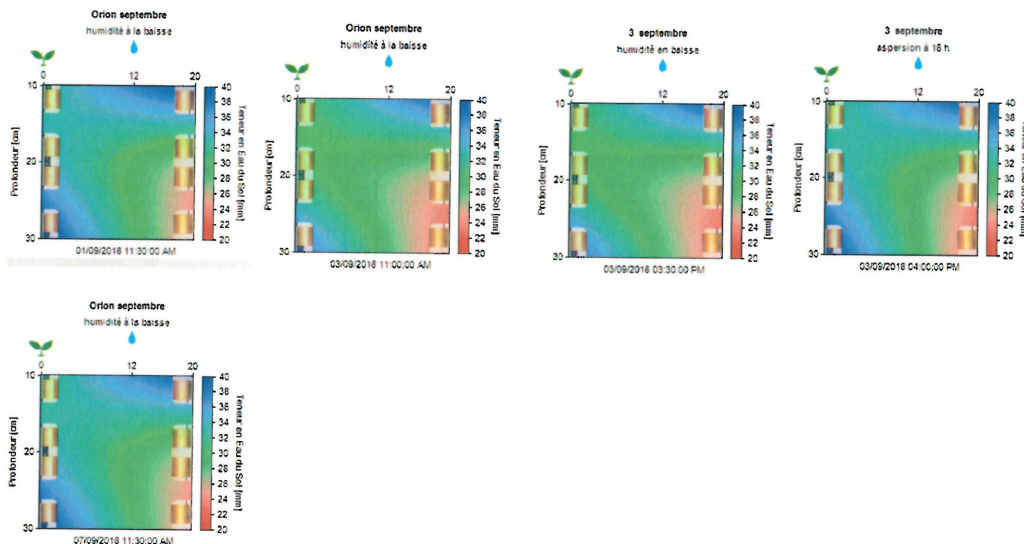
## Situation du 01 septembre au 07 septembre 18



La courbe des cumuls montre une baisse importante du 1<sup>er</sup> septembre au 3 septembre 15h30. L'humidité cumulée est au plus bas de la saison le 3 septembre à 13 h, avec 98,2 mm. Le 3 septembre à 16 h, l'aspersion a été déclenchée afin de redonner du confort hydrique.

### Visualisation Irrimax 2D

Des extraits de la visualisation Irrimax 2D montrent l'évolution de l'humidité entre le 1<sup>er</sup> septembre et le 7 septembre de façon très réaliste, on voit bien le gradient d'humidité à la baisse jusqu'à apport par aspersion le 3 septembre à 16 h.



### Résultats et perspectives 2019

La visualisation 2D montre bien l'évolution de l'humidité dans le sol, cette modélisation a montré une bonne cohérence avec les observations des humidités à la tarière. Cet outil pourrait être très pédagogique pour les techniciens et les producteurs. Des références supplémentaires sont toutefois nécessaires pour ensuite pouvoir utiliser cette modélisation sur des diagnostics de diffusion d'eau dans le sol pour de nombreuses cultures et types de sol. Cette modélisation sera de repositionnée

sur une nouvelle parcelle sous serre afin de l'évaluer en parallèle des sondes tensiométriques connectées Weenat.

### Suivi 2019

En 2019, l'étude des performances des matériels de pilotage innovants c'est poursuivi. La nouveauté a été l'installation des tensiomètres connectés Weenat. Ci-dessous les conclusions de l'évaluation des différents types de matériels sont établies pour les deux années de suivi.

- a) Sonde capacitive Sentek
- b) Sondes tensiométriques connectés Weenat
- c) Modélisation Irrimax2D des flux d'eau dans le sol

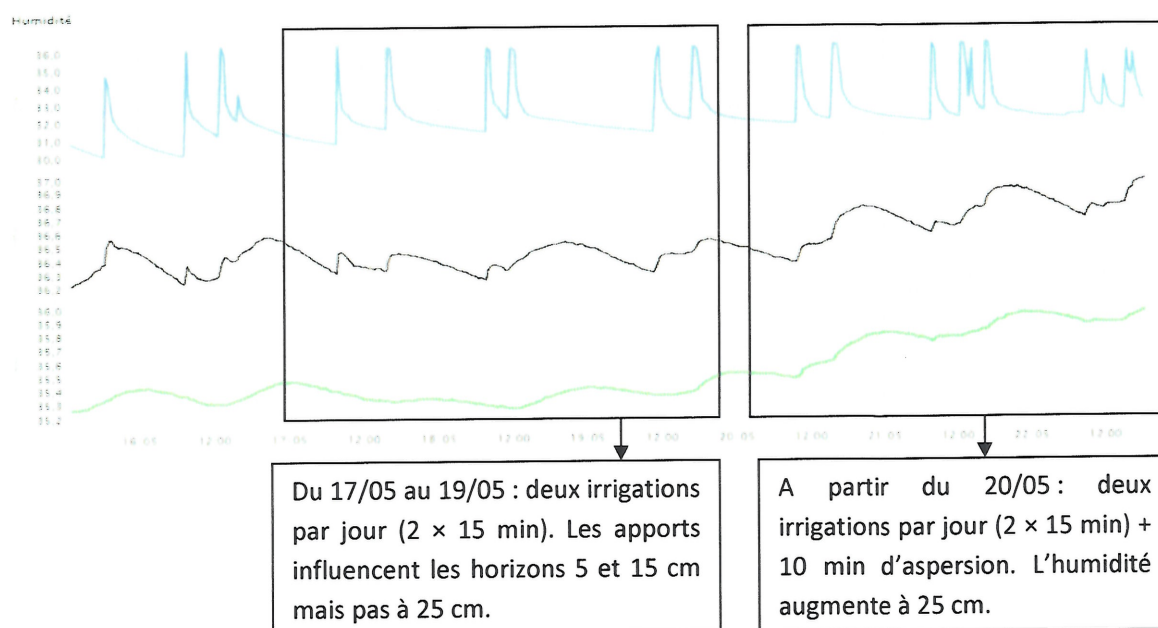
#### a) les sondes capacitives Sentek

L'utilisation des sondes Sentek a été très satisfaisante pour les deux années du projet. Leurs données nous ont permis de remplir plusieurs objectifs : le pilotage des apports d'eau en cours de saison, la détermination de seuils de pilotage dans le contexte de l'étude et l'analyse de la salinité qui ouvre des possibilités pour le pilotage de la fertilisation.

#### Le pilotage de l'irrigation

La sonde capacitive est un outil performant pour le pilotage des irrigations en cours de campagne. En effet, l'envoi automatique des données sur une interface web toutes les 12 minutes permet une grande réactivité pour l'ajustement des apports d'eau. La multiplication des capteurs (5 cm, 15 cm et 25 cm) sur une même sonde est un vrai avantage car il est désormais possible de connaître à quelle profondeur l'apport d'eau a été efficace. De plus, l'interface web est performante pour l'analyse fine des humidités afin d'observer à quel horizon se concentre les consommations par exemple. L'exemple ci-dessous illustre les analyses qui peuvent être faites à partir de l'interface.

Figure 13 : exemple de l'humidité par horizon (du 13/05 au 22/05)



### Détermination de seuils de pilotage :

L'étude des courbes et les observations des humidités de sol à la tarière nous ont permis de confirmer et valider les données d'humidité des sondes capacitives. Ainsi, pour 2018 et 2019, les résultats sont proches et nous sommes en mesure de donner des seuils de pilotage pour l'irrigation pour le type de sol et la culture du projet (cf tableau 4).

### L'étude de la salinité

Les sondes capacitives nous permettent de mesurer la salinité (en VIC : Volumeter Ions Content) de l'eau dans le sol. L'analyse des courbes de salinité a permis de valider le fait que la mesure est dépendante de l'humidité du sol. Plus il y a d'eau, plus on mesure d'ions disponibles dans la solution du sol. De plus, il semblerait que la mesure de la salinité est en grande partie influencée par la teneur en nitrate du sol (NO<sub>3</sub>). L'étude de la salinité des sondes Sentek est intéressante et laisse à penser que les sondes capacitives peuvent être des outils pour le pilotage de la fertilisation à l'avenir. Cependant, des mesures et expérimentations supplémentaires doivent être menées pour déterminer les seuils de pilotage en fonction des données de salinité des sondes capacitives.

### b) Sonde tensiométrique Weenat

Figure 14: tensiomètre Weenat



En parallèle des sondes capacitives, six tensiomètres connectés (marque Weenat) ont été installés dans la culture. Les tensiomètres sont positionnés par deux à 15 et 30 cm de profondeur. Il y a alors 3 répétitions qui permettent d'obtenir des résultats médians. Les valeurs de tensiométrie (capacité de la culture à extraire l'eau du sol) sont envoyées directement sur une interface web. Tout au long de la saison, une comparaison a été réalisée entre les résultats tensiométriques et capacitifs. Le pilotage des irrigations a aussi été réalisé au regard des résultats des tensiomètres. Ci-dessous un tensiomètre proche d'un pied de poivron.

L'utilisation des tensiomètres Weenat en 2019 a été satisfaisante. Ces outils sont robustes de par leur fabrication (tige en métal) et facile à mettre en place car aucune connectique n'est à faire. L'absence de fils est un vrai avantage car cela permet d'éviter les problèmes de coupure des connectiques lors de certains travaux du sol par exemple. Pour la transmission des données, l'outil a été performant car aucune donnée n'a été manquante même lorsque la culture a été développée. L'interface est très ergonomique et de multiples choix de visualisation des résultats sont possibles. Cela permet en quelques clics d'obtenir les résultats souhaités. Pour le pilotage de l'irrigation, l'outil permet de suivre très précisément la tension de l'eau dans le sol et renseigne sur les possibles

saturation en eau du sol ou au contraire sur la vitesse d'assèchement du sol à différentes profondeurs. Se reporter au poster P43.

Au printemps 2020, les sondes Weenat ont été repositionnée sur une parcelle de suivie de l'Aprel, une sonde a été endommagée, le capteur tensiométrique s'est cassé au retrait. La sonde doit être envoyée au SAV de la société. La rapidité du SAV sera évaluée afin de vérifier la performance du service.

### c) La modélisation avec Irrimax 2D

Le dispositif de suivi :

Figure 15: disposition des sondes aprelfox\_03 et 04



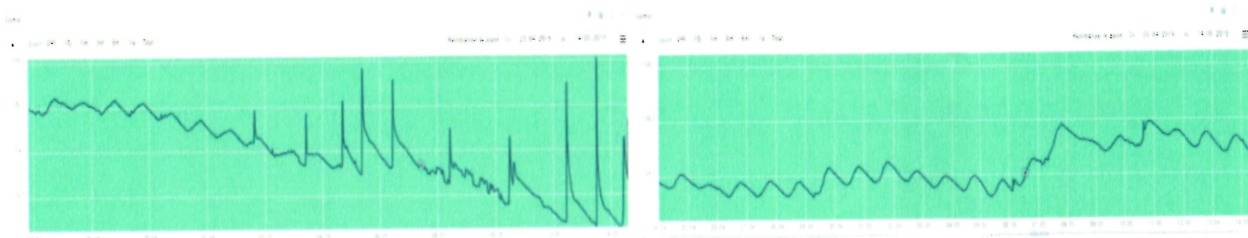
La sonde 1 (apreflox\_04) a été placée sur le rang de culture à 5 cm du poivron et à 5 cm du goutteur. La sonde 2 (apreflox\_03) a été placée à 20 cm du poivron et à 15 cm du goutteur. Ce dispositif a été choisi afin d'encadrer la zone d'exploration des racines et la gaine de goutte à goutte. Le logiciel Irrimax2D a été utilisé a posteriori du suivi de l'irrigation (voir figure 11 ci-contre).

En 2018, Deux situations ont été analysées (24 avril et 3 septembre). En 2019, nous détaillerons deux séquences où l'humidité du sol a été relativement différentes : du 24 avril au 14 mai (sol séchant), et du 6 au 27 juin (sol très humide). Ces dates correspondent à des observations de sol à la tarière.

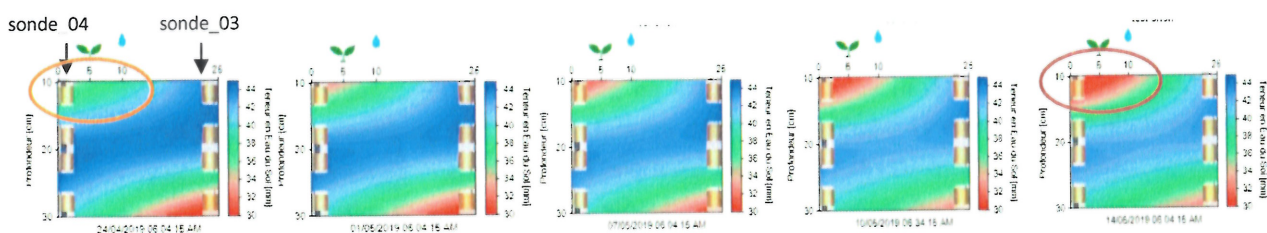
#### Début de campagne – situation du 24 avril au 14 mai

Le 14 mai, la visite de terrain montre un sol séchant. Comme présenté précédemment, l'humidité sur l'ensemble du profil a été en baisse jusqu'à cette date. Ci-dessous la courbe d'humidité cumulée sur la période considérée pour les deux sondes. On visualise la perte d'humidité sur une semaine.

- Sonde Apreflox\_04 et Sonde Apreflox\_03



- Visualisation Irrimax 2D

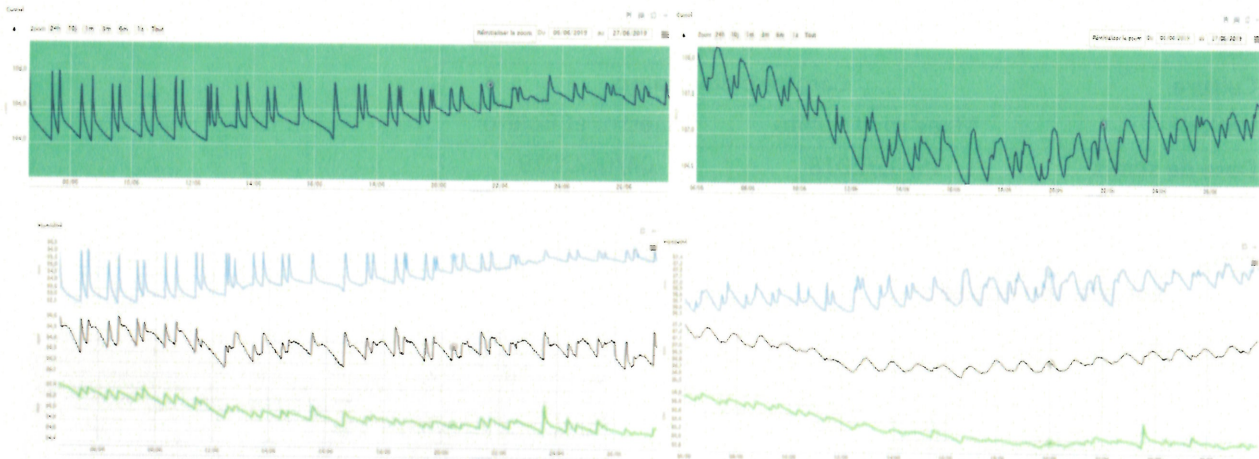


L'extrait du 24 avril au 14 mai montre bien une situation de moins en moins confortable au niveau de la culture avec un assèchement progressif sur le premier capteur (5cm) de la sonde 04 : la zone rouge devient de plus en plus importante. Au contraire, pour la sonde 03, l'humidité a tendance à

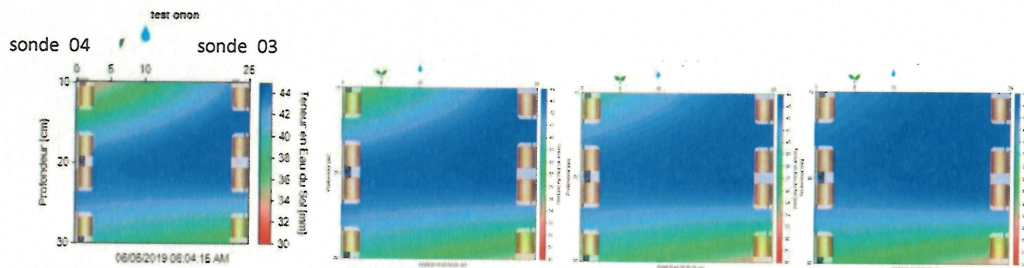
s'accumuler sur l'horizon 25 cm. Cela correspond bien aux courbes présentées ci-dessus. A ce moment-là, les irrigations avaient tendance à se concentrer vers la sonde la plus éloignée du goutteur. Cela peut être dû à la morphologie du sol. La vidéo sera fournie en complément à ce compte rendu.

#### Milieu de campagne – situation du 06/06 au 27/06

- Sonde Aprelfox\_04 (à gauche) et Sonde Aprelfox\_03 (à droite)



- Visualisation Irrimax 2D



Les courbes des humidités montrent un gain d'humidité entre le 06/06 et le 27/06 pour le capteur de surface (5 cm) de la sonde 04. La visualisation Irrimax2D permet de voir facilement l'augmentation de l'humidité en surface tandis que les capteurs de 15 et 25 cm sont stables pour l'humidité.

#### Résultats et perspectives

L'outil Irrimax 2D permet de visualiser la dynamique de transfert de l'eau dans le sol. Dans notre situation on remarque que le sol s'assèche à proximité de la culture sur l'horizon 0-10 cm. Cela montre que le système racinaire prélève essentiellement en surface et peu en profondeur.

De manière générale l'outil est très performant pour comprendre la circulation de l'eau dans les premiers horizons de sol. L'utilisation peut être envisagée dans des cas complexes où il y a des remontés d'eau par capillarité par exemple, ou encore lorsque le sol présente une discontinuité de perméabilité (semelle de labour ou couche d'argile par exemple). De plus Irrimax 2D permet de comprendre la diffusion latérale de l'eau dans son sol. Cela peut amener une adaptation du pilotage de l'irrigation (fractionnement des apports par exemple) ou encore une modification des écartements des gouttes à gouttes par rapports à la ligne de plantation.

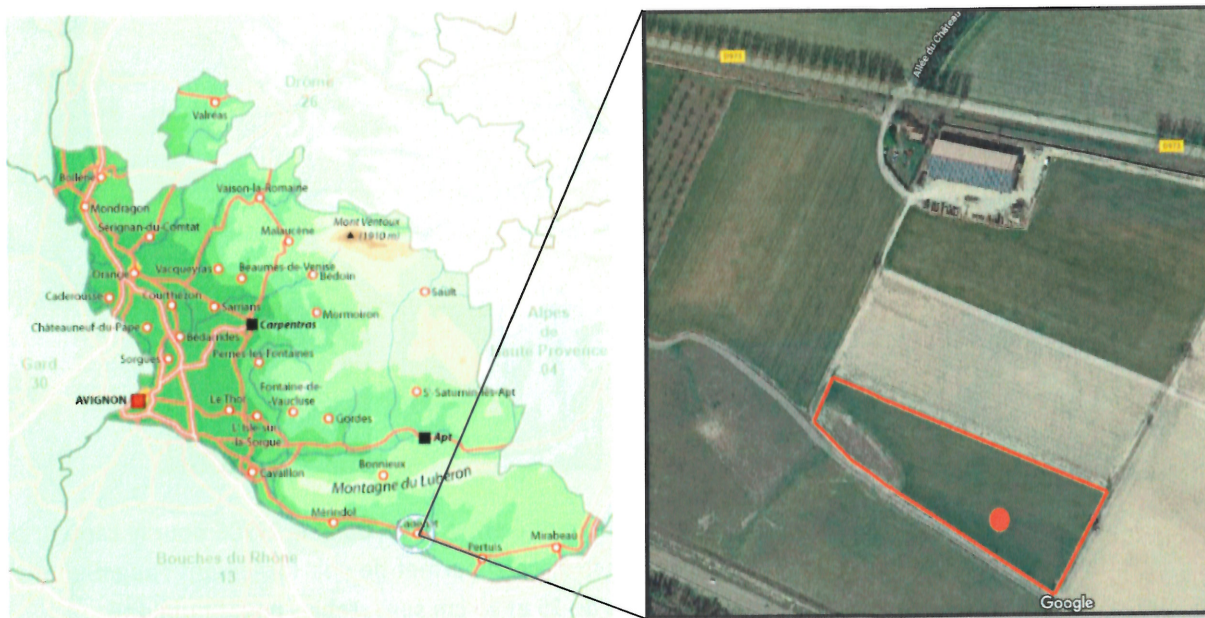
## Action B – Parcelle Plein champ – Carotte

### Contexte

En 2019, le suivi du pilotage de l'irrigation a eu lieu sur la même exploitation que pour l'année 2018.

	2018	2019
Projet	ORION	
Site	CADENET	
Culture	Carotte plein champ	
Variété	Maestro et Subito	Maestro et Boléro
Date de semis	19/05/2018	04/06/2019
Pose de la sonde	25/05/2018	12/06/2019
Sol	Calcaro-limoneux	

- Localisation du site :



- Sonde capacitive 2019

### Matériels et méthodes

#### Le système d'irrigation

Le matériel d'irrigation à la parcelle est en couverture intégrale par de l'aspersion. On retrouve 7 rampes d'aspersion écartées de 15 m. L'écart entre distributeur est de 18 m (voir les détails dans la partie diagnostic d'installation).

#### La sonde capacitive

Une sonde capacitive Sentek de 30 cm a été placée sur la parcelle. La sonde permet 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.

Figure 16 : emplacement de la sonde (2019)



Le choix de la localisation de la sonde a été faite avec l'exploitant agricole. La parcelle présente une hétérogénéité importante en matière de texture de sol. On retrouve un sol plus hydromorphe (argileux) à l'Ouest et un sol plus sableux à l'Est. De plus, la parcelle a une pente légère de l'Est vers l'Ouest. La sonde a donc été placée à un endroit où le sol a tendance à s'assécher plus rapidement afin de ne pas pénaliser la culture lors du pilotage de l'irrigation. La localisation est visible sur l'image précédente (le site représente plus de 50 % de la parcelle).

L'installation de la sonde à la parcelle a eu lieu le 12 mai 2019. Le sol était très humide lors de la pose, les valeurs d'humidités sont comprises entre 38 et 45 mm. La sonde se trouve à 7 m de l'asperseur et la pluviométrie du système est de 6 mm/h.

Figure 17 : compteur connecté Solem et prise de pression sur une canne d'asperseur (2019)



Un compteur connecté de marque *Solem* a été placé sur un asperseur de la parcelle le 20 juin. Il nous a permis de connaître les volumes d'eau réellement apportés pour 1 asperseur. Par extrapolation la dose d'irrigation apportée à la parcelle (en mm).

## AB-1 Diagnostic d'installation d'irrigation

### Station de tête :

- a. Installation et réseau de distribution de l'eau en tête de station.



Point de prélèvement et pompe *Rovatti*

Le prélèvement de l'eau d'irrigation se fait par un pompage dans un canal à proximité de l'exploitation. Une pompe de marque ROVATTI (type : S3K80 -90/2<sup>E</sup>) permet le prélèvement.

#### Caractéristiques de la pompe :

Année : 2014

Débit = 100 m<sup>3</sup>/h

Une mesure au reflux de la pompe nous permet de connaître la pression.



Filtre à tamis

Quatre filtres à tamis sont installés après la pompe. Il n'y a pas de régulateur de pression, ni d'appareil d'injection.

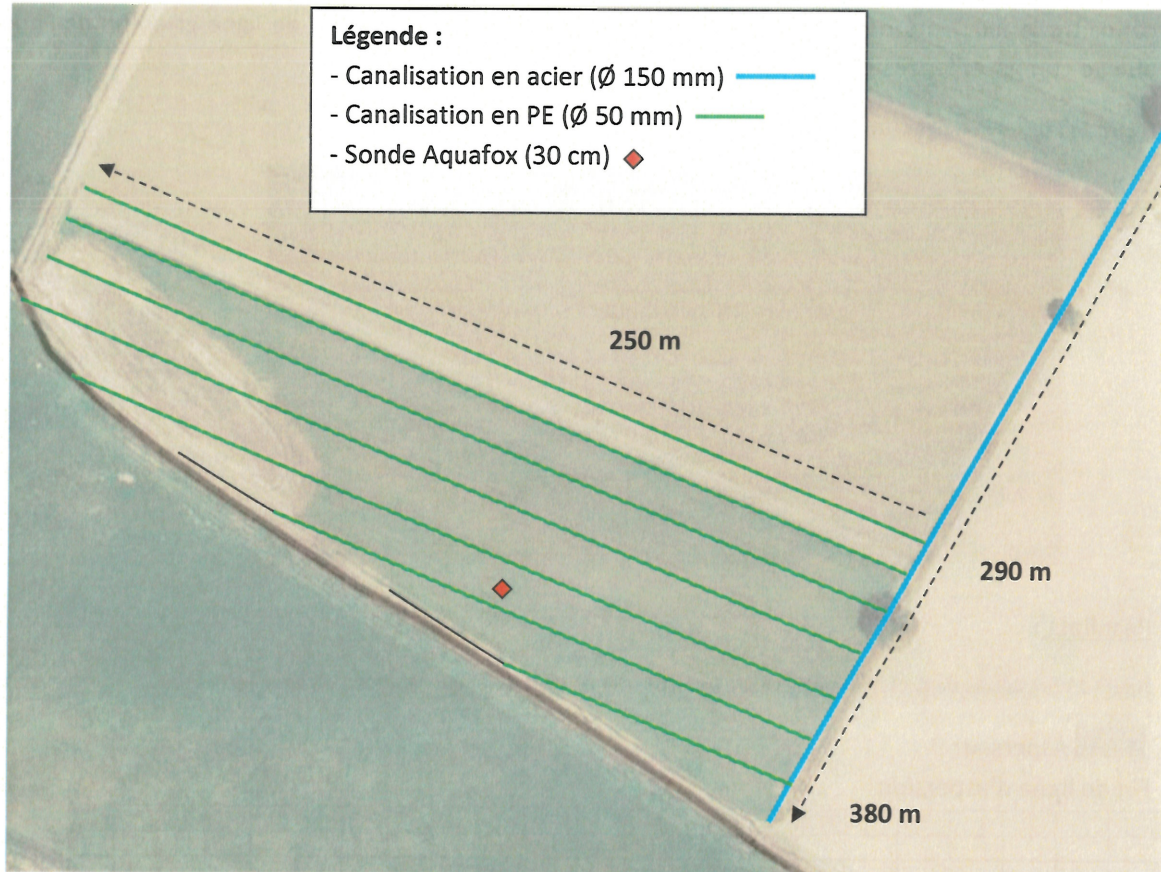


Canalisation en acier

Une canalisation principale en acier de diamètre 150 mm apporte l'eau jusqu'à l'entrée de la parcelle (290 m de long). la fin de la canalisation (au bout de la parcelle) est à 380 m de la pompe.

### La parcelle :

La parcelle de carotte a été semée le 4 juin 2019. La superficie totale de la parcelle est de 1.41 ha. L'irrigation au niveau de la parcelle se fait par des asperseurs à batteur. On retrouve sept lignes d'asperseurs avec un écartement de 15 m, les canalisations sont en polyéthylène de diamètre 50 mm. Les asperseurs sont espacés de 18 m sur une même ligne (voir schéma ci-dessous).



### Tests débit, pression et homogénéité de l'irrigation

La parcelle de carotte est irriguée en deux temps. De manière générale, l'exploitant réalise un premier apport sur les quatre premières lignes d'asperseurs. Puis les trois dernières lignes sont irriguées (en même temps que deux lignes d'aspersions sur gazon). La première ligne d'aspersions compte 15 asperseurs, la troisième 14 asperseurs (Unirain F46). Enfin sur la quatrième ligne on retrouve 15 asperseurs.

#### - Le débit :

Une mesure de débit a été réalisée en début de la 3<sup>ème</sup> ligne d'aspersion (PE Ø 50 mm) à l'aide d'un débitmètre à ultrason ( $Q=16.9 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Sachant que sur cette ligne il y a 14 asperseurs de modèle *Unirain F46*, le débit moyen par asperseurs est de 1207 l/h.

#### - Les pressions :

Des mesures de pressions ont été réalisées à différents endroits de la parcelle. Au refoulement de la pompe, la pression est de 5.5 bars. En début de la première ligne, la pression est de 4.2 bars. En fin de première ligne elle chute à 2.25 bars. La pression au bout de la 4<sup>ème</sup> ligne d'asperseurs est de 2.2 bars. En revanche, les pressions varient peu entre deux lignes.



En fin de ligne, la pluviométrie varie de 1.3 mm/h à 9.5 mm/h. La pluviométrie moyenne est de 5.2 mm/h. Les zones les plus éloignées des asperseurs montrent des pluviométries très faibles, au contraire, proches de ceux-ci les pluviométries sont plus élevées.

En début de ligne, on retrouve la même tendance. La pluviométrie moyenne est plus élevée avec 5.7 mm/h.

#### Interprétations :

**La pression :** On remarque une perte de charge importante entre le début et la fin des lignes d'aspersion. La différence de pression est de 53%. On estime que la différence de pression ne doit pas excéder les 20% pour avoir un système uniforme. Ainsi, on remarque que le débit moyen par asperseur (1200 l/h sur la ligne 3) est bien inférieur au débit théorique à 3.5 bars (1700 l/h). Cela est dû aux pertes de charge le long de la canalisation (2 bars pour 100m). Par conséquent les asperseurs en fin de ligne émettent 30% d'eau en moins que les asperseurs en début de ligne. Cette perte de charge est dû principalement au diamètre de la canalisation (PE Ø 50mm) qui est faible au regard du débit de la ligne (16.9 m<sup>3</sup>/h).

#### **L'uniformité des apports :**

Lors de l'essai nous avons remarqué des variations importantes de la pression au niveau des asperseurs. Cela a pu être causé par des travaux réalisés en même temps au niveau de la pompe en tête de réseau. Cependant, l'essai montre tout de même que les débits sont plus faibles en bout de ligne et que des zones de non recouvrements des jets peuvent apparaître.

#### Recommandations :

Afin de limiter les pertes de charge sur la parcelle, il faudrait augmenter le diamètre des canalisations. Par exemple, une canalisation en PE de diamètre 75 mm, permettrait de perdre seulement 0.6 bars sur une longueur de 250 m avec un débit de 17 m<sup>3</sup>/h. Dans ce cas précis, la perte de charge serait de l'ordre de 15% sur la longueur de la parcelle.

Cependant, la parcelle a pour caractéristique d'avoir des sols qui retiennent plus l'eau en bout de ligne. Au contraire, les sols sont plus séchant en début de ligne. Le fait d'apporter moins d'eau sur le bout de la parcelle se compense en partie par des sols plus hydromorphes.

## AB-2 Expertise en irrigation

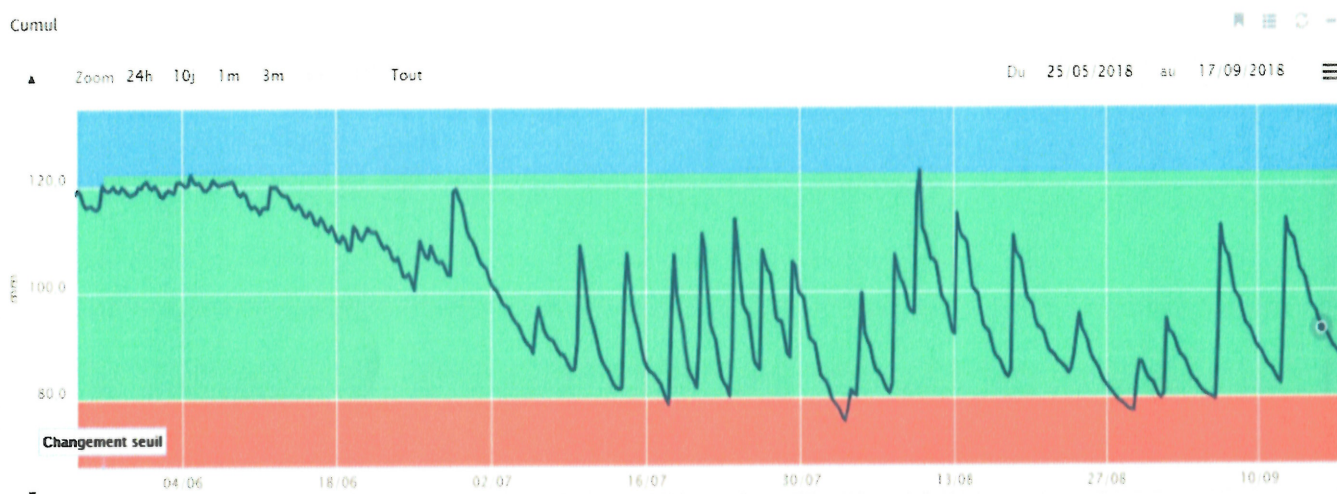
### Suivi 2018

Tableau 6: résumé des pratiques sur la parcelle suivie en 2018

Semaines	Dates	Pluie (mm)	Apport d'eau d'irrigation (mm)
27	05/07/2018	-	30
28	09/07/2018	-	50
	13/07/2018		
29	18/07/2018	-	50
	20/07/2018		
30	23/07/2018	-	40
	26/07/2018		
	29/07/2018		
31	03/08/2018	-	50
	04/08/2018		
32	07/08/2018	Orage	-
	09/08/2018		
33	13/08/2018	100	-
	18/08/2018		
34	23/08/2018	35	
35	29/08/2018		20
	01/09/2018		
36	06/09/2018		50
37	12/09/2018		50

### Le pilotage de l'irrigation

Figure 20: cumul des humidités sur toute la campagne d'irrigation

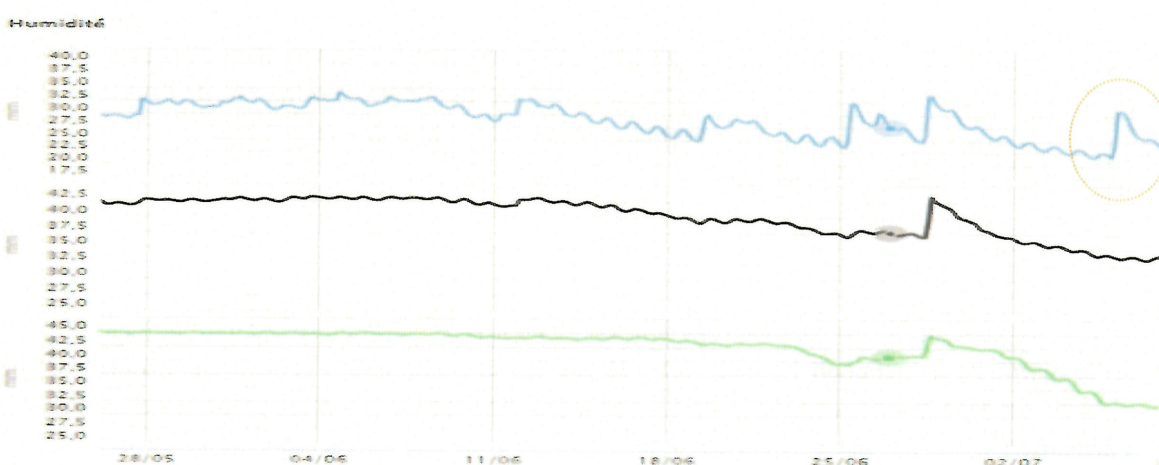


La pratique de l'irrigation durant la campagne a été optimisée grâce aux données de la sonde. En effet, la majorité des déclenchements ont été réalisés au moment où l'humidité du sol était proche de la zone de contrainte hydrique durant la période estivale. Ce pilotage a permis de limiter le stress hydrique de la culture en maintenant une humidité moyenne dans les trois horizons de sol mesurés.

### Bilan des humidités

Suite à une période de saturation des sols en eau qui a duré du 26 mai au 28 juin 2018, on observe une baisse progressive des humidités des sols du 28 juin au 5 juillet. Dans un premier temps, cette baisse est particulièrement marquée sur les deux premiers horizons du sol, puis sur l'horizon 20-30 cm avec des marches de consommation présentés à partir du 1<sup>er</sup> juillet (signe du prélèvement en eau des carottes plus en profondeur).

Figure 21 : courbes des humidités par capteur



A cette période de l'année, l'exploitant a réalisé une première irrigation (le 5 juillet). Cet apport a permis de recharger uniquement l'horizon de surface comme nous pouvons le voir sur la figure 21 ci-dessus. En effet aucun pic d'humidité n'est présent à 15 ou 25 cm.

Figure 22 : humidité par capteur (12/07 au 30/07)

Par la suite, l'irrigant a réalisé des apports plus importants le 9 et 13 juillet (50 mm) qui ont permis de recharger le sol en eau en profondeur. Les apports réguliers du 18, 20, 23, 26 et 29 juillet (tour d'eau de 3 jours en moyenne), ont permis de compenser entièrement les consommations en eau des cultures (environ 5 mm/j à cette période de l'année). Dans le détail on remarque même une légère hausse des humidités pour l'horizon 5 cm et 25 cm, alors que l'horizon 15 cm est stable. Voir figure 2 ci-contre.

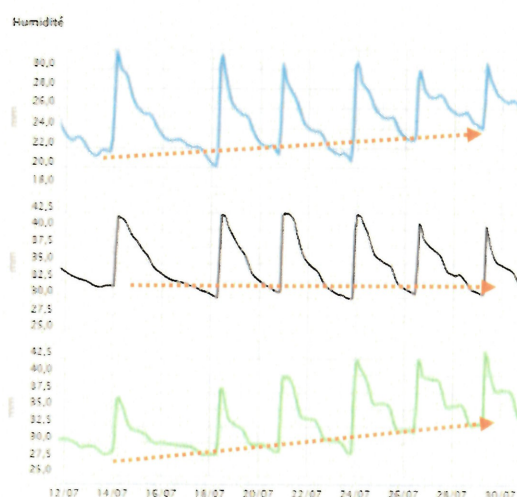
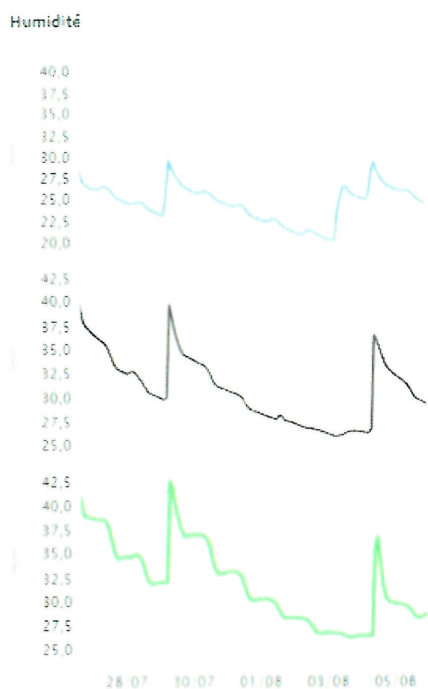


Figure 23 : humidité par capteur (28/07 au 05/08)

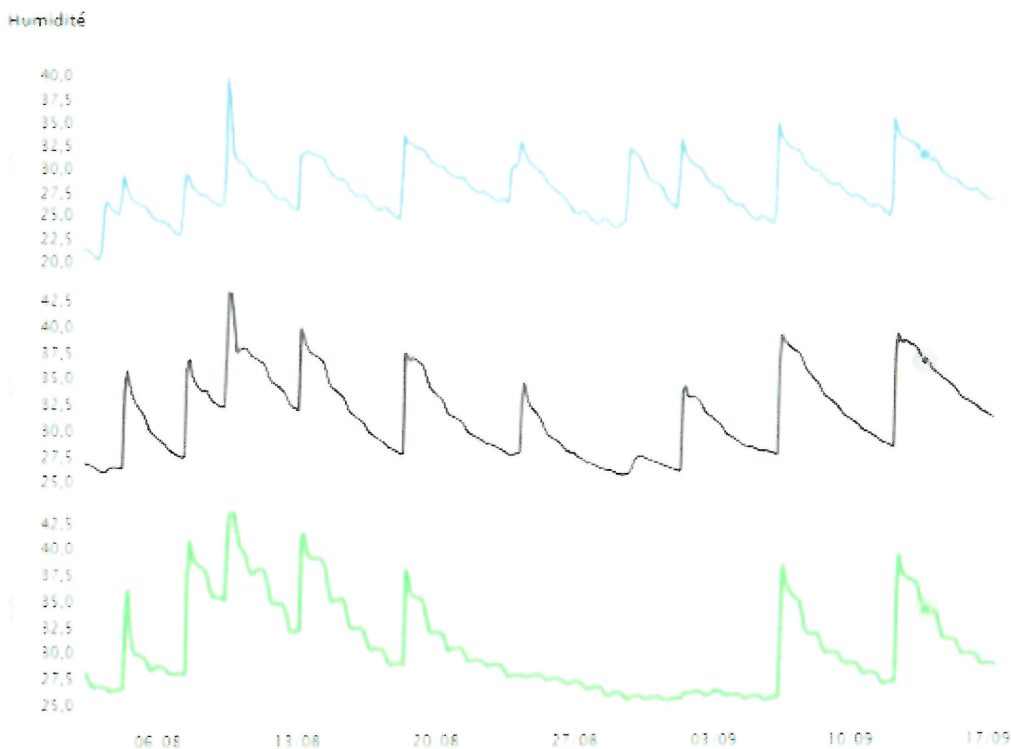


A ce moment de la campagne, la culture prélève l'eau essentiellement à 15 et 25 cm. Par la suite, l'irrigant n'a pas fait d'apport entre le 29 juillet et le 3 août. Sur l'image ci-contre, on observe que la courbe des humidités à 25 cm commence à présenter des marches de consommation plus faibles, jusqu'à une courbe horizontale aux alentours du 3 août. Cela est le marqueur d'une consommation plus faible de la culture et potentiellement d'un stress hydrique par un manque d'humidité sur cet horizon.

L'apport du 3 et 4 août paraît judicieux afin de recharger d'abord l'horizon superficiel, puis les deux horizons plus profonds. Une succession d'orage et pluie du 9 au 23 août ont fait augmenter les humidités aux différents horizons. Cela a permis un arrêt temporaire des irrigations.

La pluie du 23 août (35 mm) et les irrigations du 29 août et 1<sup>er</sup> septembre (20 mm) non pas été assez conséquente pour recharger l'horizon 20 – 30 cm. les consommations se sont alors concentrées en surfaces. En définitive les irrigations du 6 et 12 septembre (50 mm) ont apporté une humidité sur les 3 niveaux.

Figure 24 : humidité par capteur (06/08 au 17/09)



## Courbes des salinités et fertilisation azoté

Figure 25 : courbes des salinités en VIC (Volumeters Ions Content)

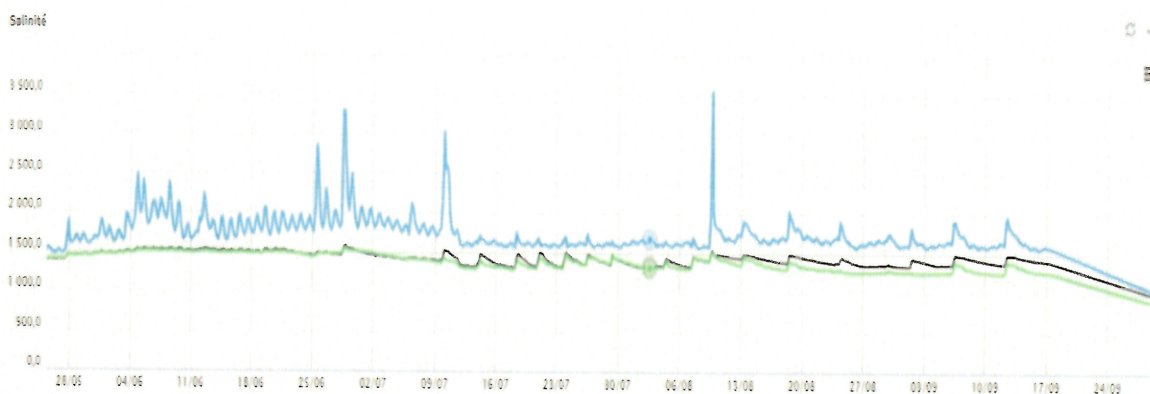


Figure 26 : teneur en nitrate du sol et apports d'azote

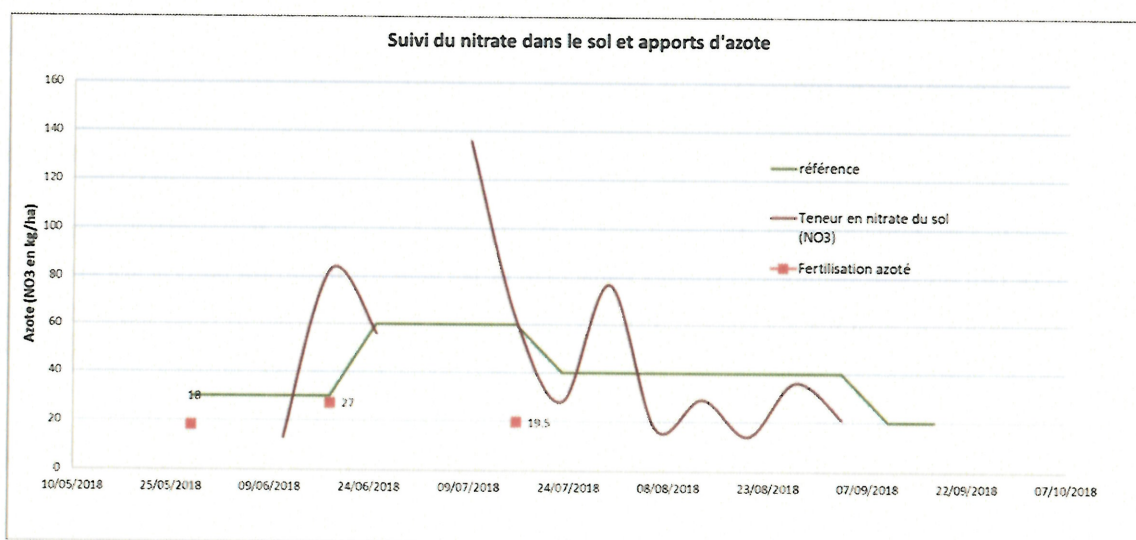
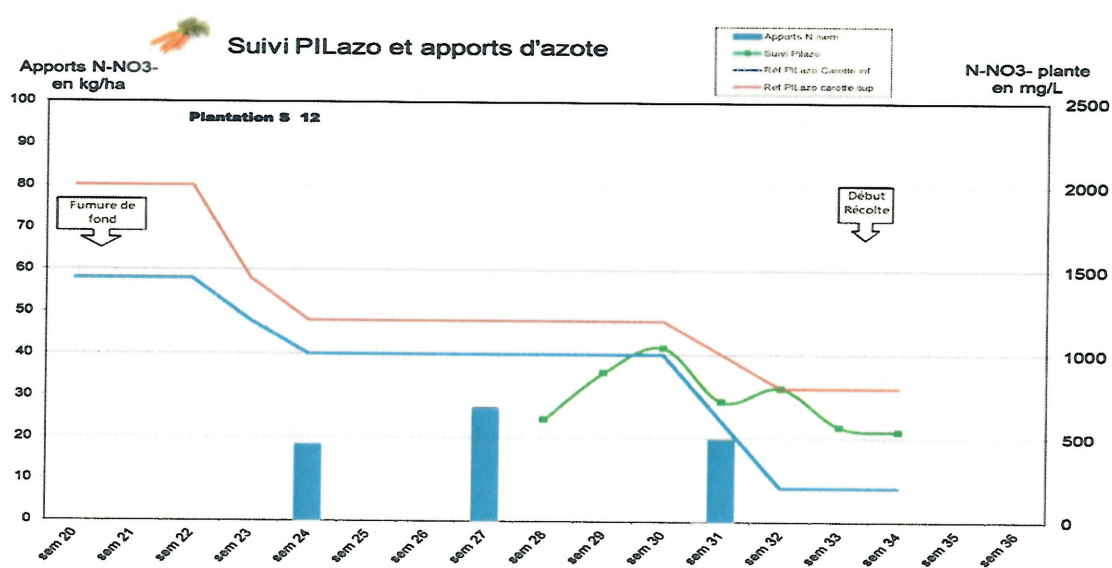


Figure 27 : teneur en azote dans la plante



La fertilisation apportée à la parcelle a été de 64 unités d'azote, 119 unités de phosphore et 115 unités de potasse (données producteur). Les dates de fertilisation de la culture sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 : dates et doses des fertilisations azotées en 2018

Date	28/05/2018	18/06/2018	16/07/2018
Fertilisation (UN/ha)	18	27	19.5

La salinité à 5 cm est globalement stable sur toute la campagne avec une valeur moyenne de 1700 VIC, les valeurs varient entre 1500 VIC et 3500 VIC pour les pics les plus importants (valeurs très élevées). A 15 et 25 cm, les valeurs de salinité sont plus constantes autour de 1400 VIC, on ne perçoit pas de pics de salinité comme sur l'horizon 5 cm. A partir du 10 juillet, pour l'horizon 5 cm, les salinités chutent légèrement et se stabilisent à des valeurs autour de 1600 VIC. Cette période correspond à l'optimisation de l'irrigation. En revanche, les pics de salinité au niveau du premier capteur (5 cm) correspondent aux apports d'eau d'irrigation ou de pluie excessifs. Ces apports importants créent des pertes d'éléments minéraux plus en profondeur. C'est le cas par exemple lors de la pluie du 9 août 2019 (100 mm).

Au niveau de la teneur en azote du sol, on remarque que suite à chaque fertilisation le taux de nitrate augmente logiquement dans le sol. De manière générale, à partir de la semaine 28, l'azote dans le sol baisse de manière continue jusqu'à la fin de campagne (signe d'un prélèvement par la culture). Le lien entre la salinité des sondes capacitives et les valeurs de nitrate dans le sol est moins évident à faire. On remarque cependant que la valeur élevée de nitrate lors de la semaine 28 (9 au 16/07) peut correspondre au pic de salinité visualisé le 10/07. Par contre, la tendance globale à la baisse du nitrate dans le sol n'est pas observée sur les courbes de salinité de la sonde.

Pour le suivi Pilazo, les valeurs se situent dans les références. L'azote dans la plante diminue progressivement au cours de la saison.

#### **Conclusion et perspective :**

La campagne 2018 a montré des résultats satisfaisants en termes de pilotage de l'irrigation. Les consignes et les valeurs d'humidités ont été suivies afin d'optimiser les apports et conduire la culture dans une zone basse de confort hydrique durant la saison. Cette première année a permis d'avoir une idée des seuils d'humidité à suivre pour cette culture et ce type de sol. Il faudra confirmer cela durant la campagne 2019.

Du côté de la salinité, on observe des valeurs très élevées lors des apports massifs d'eau. Cela est un indicateur d'une saturation en eau des sols. De plus, les valeurs moyennes observées sur les différents horizons pourront être comparées avec celles de la saison 2019. On peut conclure sur le fait que la variation de la salinité est directement liée à l'humidité du sol (mise en solution des éléments minéraux). En revanche le lien entre la teneur en nitrate du sol mesurée et l'évolution de la salinité n'est pas aussi évident. Les résultats de 2019 pourront nous aider à identifier une potentielle corrélation.

## Suivi 2019

Tableau 8: Bilan des irrigations et pluies sur la parcelle suivie en 2019

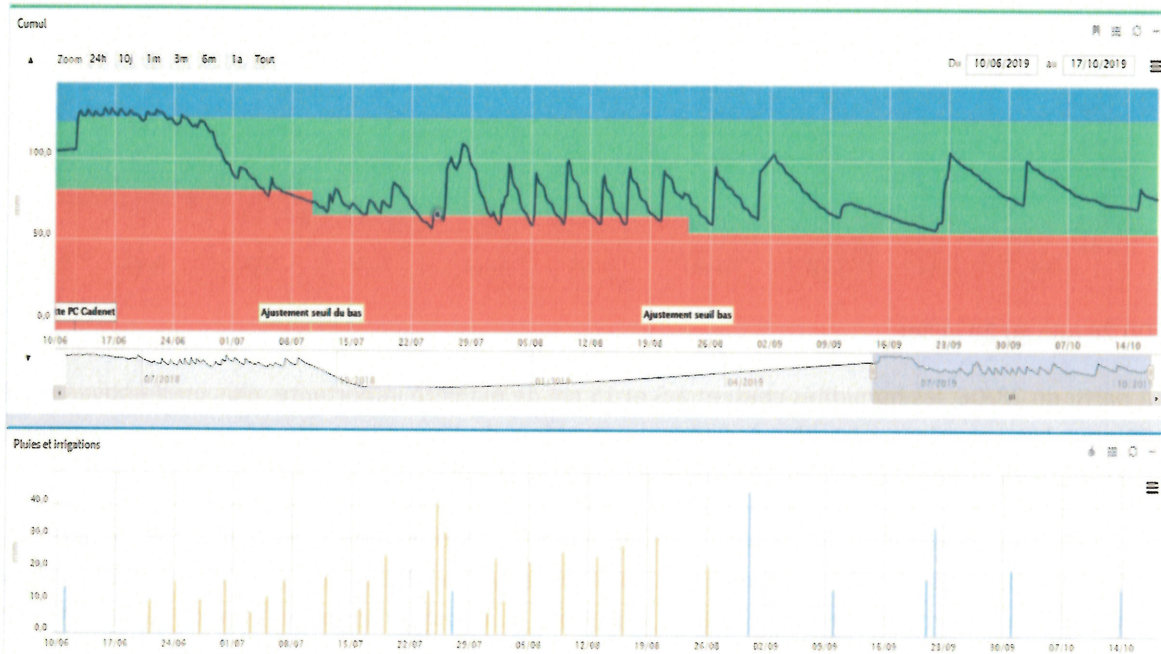
Date	Pluie (mm)	Irrigation (mm)
05-juin		6
06-juin		6
07-juin		6
08-juin		6
09-juin		6
10-juin	6	6
11-juin	12	
13-juin		6
14-juin		6
15-juin		6
16-juin		6
17-juin		6
18-juin		6
19-juin		6
20-juin		2
21-juin		9
24-juin		13
27-juin		9
30-juin		14
03-juil		6
05-juil		10
07-juil		14
09-juil	5	
12-juil		15
13-juil		31
16-juil		7
17-juil		14
19-juil		20
24-juil		12
25-juil		33
26-juil		25
27-juil	14	
31-juil		6
01-août		19
02-août		9
05-août		18
09-août		21
13-août		20
16-août		22
20-août		25
22-août		5
26-août		18
31-août	25	
09-sept	6	
10-sept	12	
21-sept	18	
22-sept	35	
01-oct	21	
14-oct	15	
	<b>169</b>	<b>475</b>

Apport total (mm)	Pluie (mm)	Irrigation (mm)
644	169	475

La dose d'eau d'irrigation apportée durant toute la campagne sur les carottes PC est de **475 mm** soit **4750 m<sup>3</sup>/ha**.

### Le pilotage de l'irrigation

Figure 28 : Humidité cumulée durant toute la campagne (en haut), données des pluies et irrigations (en bas)

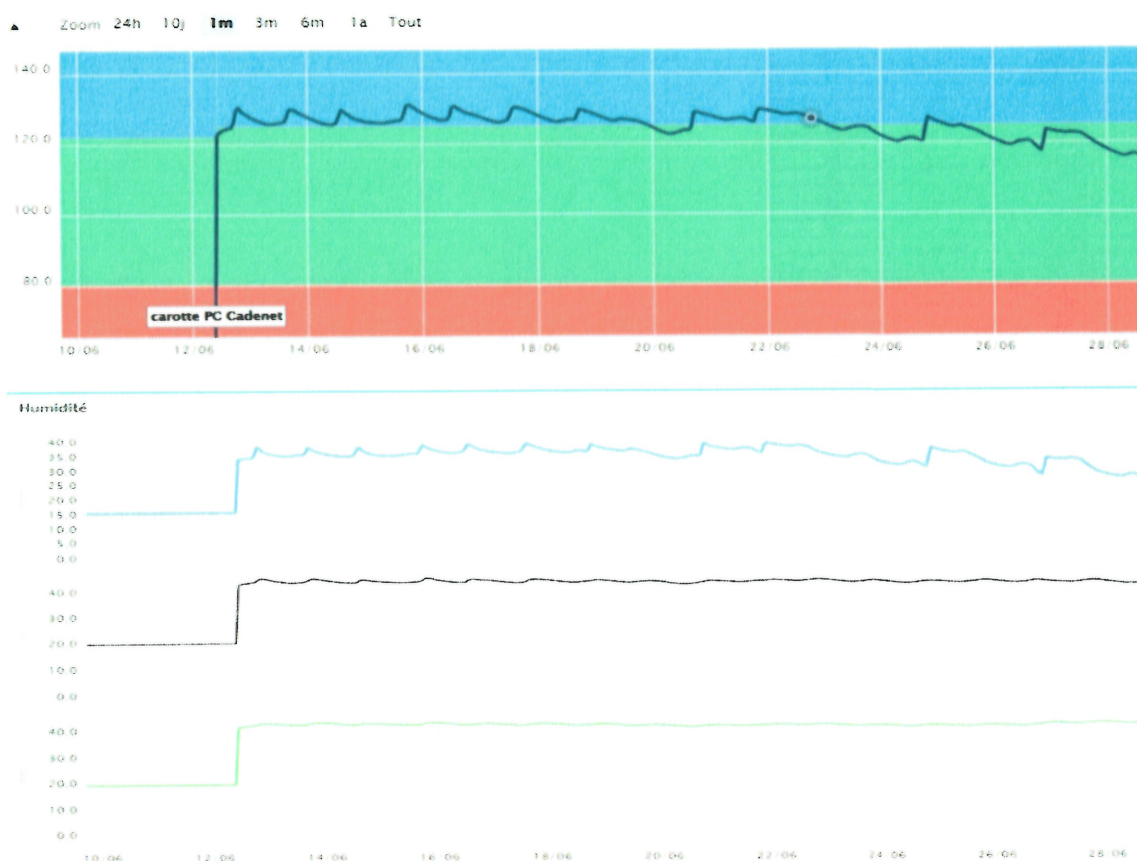


Le bilan complet des résultats de la sonde est en Annexe 3 (saison 2018 et 2019).

#### Du 12 juin au 28 juin :

En début de saison, les irrigations ont été quotidiennes afin de maintenir une humidité élevée dès la surface. Cela dans le but d'avoir une bonne installation des carottes. Le sol est resté en saturation jusqu'au 23/06. Les valeurs d'humidités sont proches de 40 mm en surface, et autour de 45 mm à 15 et 25 cm. Les doses d'irrigation (12 mm) auraient pu être légèrement réduites afin de ne pas rester en saturation en profondeur.

Figure 29 : Humidité cumulée du 12/06 au 28/06 (en haut), humidité par horizon (en bas).



#### Du 28 juin au 28 juillet :

A partir du 28/06, les humidités chutent à 5 et 15 cm de manière importante, plus progressivement à 25 cm. Les irrigations sont plus écartées. La stratégie de l'exploitant été de forcer les carottes à descendre en profondeur en limitant l'humidité plus en surface.

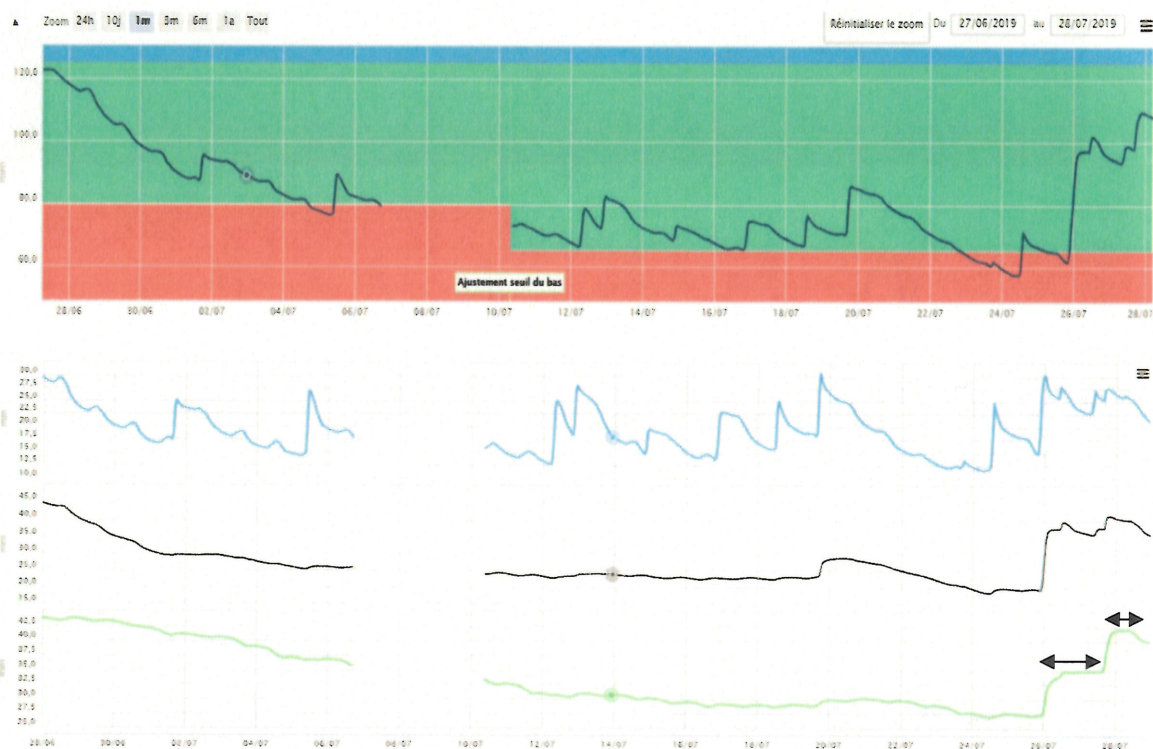
Le 01/07, une observation de sol confirme une humidité encore confortable à 15 et 25 cm avec des valeurs respectives de 30 et 40 mm. En surface, le sol est bien plus séchant avec une valeur d'humidité à 16 mm. On remarque que les irrigations de début juillet permettent de réalimenter en eau les deux premiers horizons (stabilisation de l'humidité à 15 cm) mais ne parviennent pas à 25 cm avec une humidité qui diminue continuellement.

Au 10/07, suite à une perte de données, une observation de sol est réalisée. On remarque que l'humidité est moyenne à 5 et 15 cm tandis qu'elle est encore confortable à 25 cm. Le seuil de

contrainte hydrique est alors ajusté à la baisse (de 80 à 65 mm) car les carottes se développent parfaitement.

Du 10/07 au 20/07 les apports recharge principalement le premier horizon de sol 0-10 cm, les humidités se stabilisent en profondeur voir diminuent à 25 cm. Malgré un apport plus conséquent le 19/07 (25 mm), les humidités baissent à 25 cm pour atteindre 27 mm le 25/07. Le conseil apporté est alors de réalisé des apports plus longs afin de recharger l'horizon 15 et 25 cm. Cela est fait le 26/07 avec des irrigations successives (41 mm + 31 mm) qui permettent de ré humecter le sol à 15 et 25 cm de manière importante : 42 mm le 28/07 à 25 cm. Le fait d'obtenir des plateaux d'humidité à 25 cm est la preuve que l'eau est retenue dans le sol et qu'il n'y a pas de percolation plus en profondeur (voir image ci-dessous ↔).

Figure 30 : Humidité cumulée du 28/06 au 28/07 (en haut), humidité par horizon (en bas).



### Du 28 juillet au 28 août :

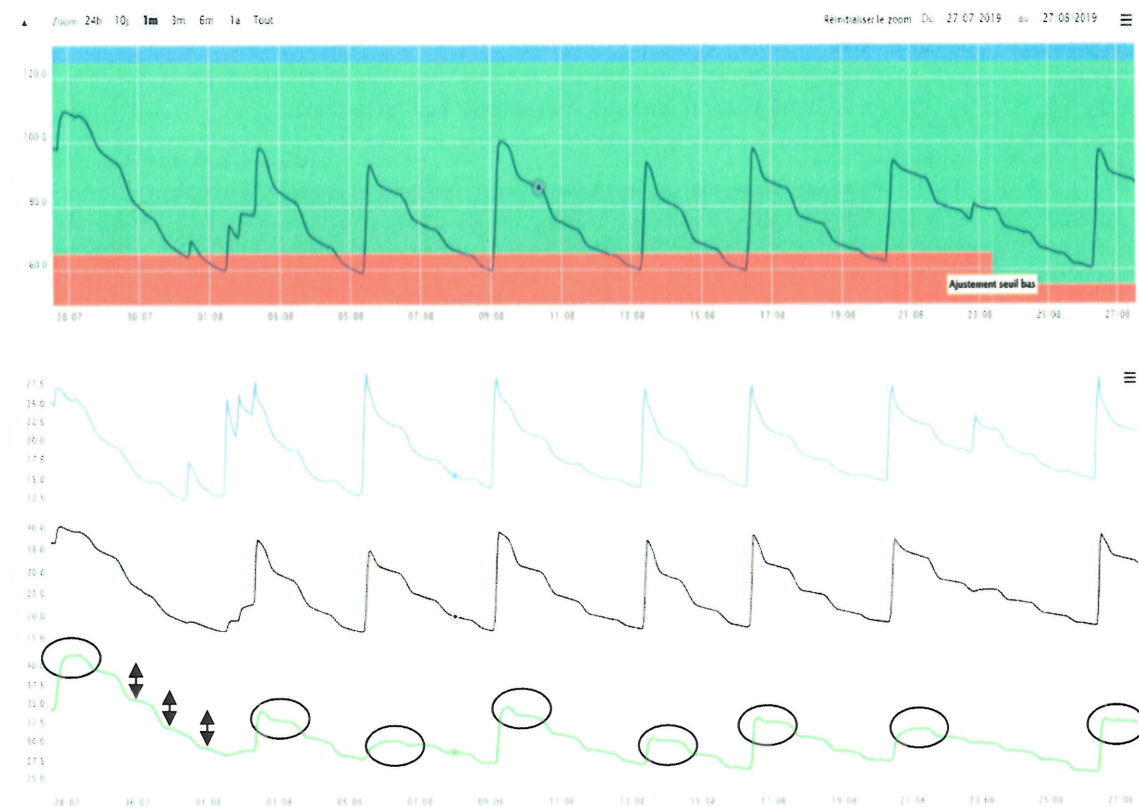
A partir du 28/07, les consommations en eau de la culture deviennent plus élevées. Les prélèvements sont particulièrement bien marqués à 25 cm (marche d'escalier ↕). Les irrigations sont espacées de 3 à 4 jours en moyenne, cela dans le but d'avoir un sol qui s'assèchent pour éviter l'asphyxie racinaire. De plus l'humidité est tout de même maintenue dans une zone de confort pour la plante (bon développement de la culture). Les apports sont bien optimisés et la zone rouge de contrainte hydrique est évitée. De plus on remarque que sur les humidités à 25 cm, suite aux irrigations, il n'y a pas de « pic d'humidité » comme observés à 5 cm. On retrouve des plateaux qui sont la preuve qu'il n'y a pas de perte d'eau et d'éléments fertilisants en profondeur.

Cependant le 21/08, une observation de terrain montre des pourritures sur certaines carottes localisées sur la parcelle. Essentiellement en bout de parcelle (à l'ouest) où le sol est plus argileux.

Une vérification de l'humidité du sol à la tarière confirme un sol dans un grand confort hydrique. Les doses d'irrigation pourraient être encore diminuées.

Le 23/08, suite à une observation de l'humidité, le seuil de contrainte hydrique est ajusté pour la deuxième fois à la baisse: 65 mm à 55 mm. L'ajustement est justifié car les consommations sont toujours présentes en profondeur le 25/08 (voir image ci-dessous). L'irrigation est optimisée car l'apport suivant est réalisé le 26/08 avant d'arriver à la zone rouge.

Figure 31 : Humidité cumulée du 28/07 au 28/08 (en haut), humidité par horizon (en bas).



○ Plateau d'humidité = faible infiltration de l'eau en dessous de l'horizon 20-30 cm.

Du 28 aout au 28 septembre :

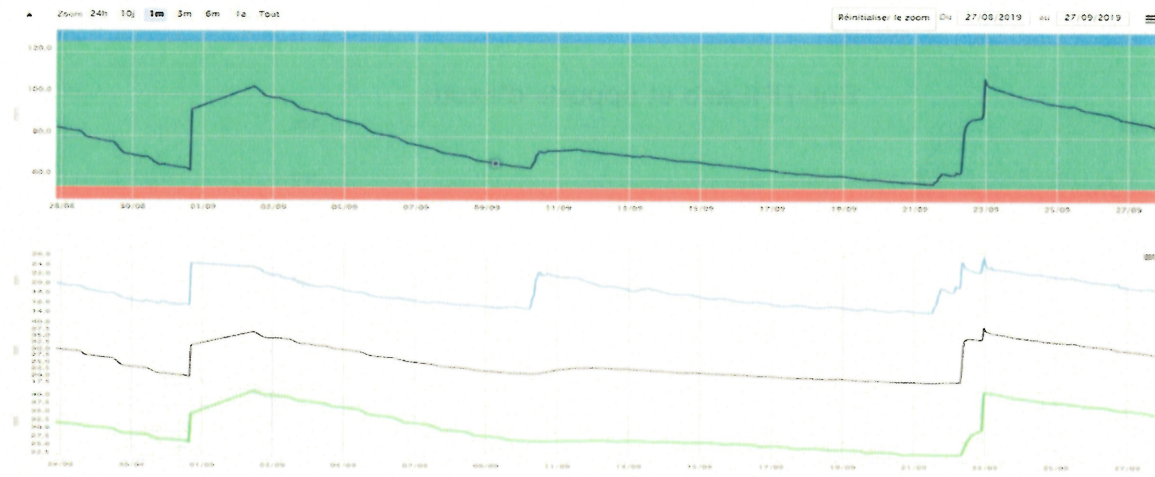


Carottes au 29/02/2019 (15 à 20 cm)

A partir du 28/08, aucune irrigation n'a été déclenchée. Grace aux pluies du 31/08, 10/09 et du 21/09 les humidités sont restées dans la zone de confort hydrique.

Le 29/08, une nouvelle observation de la parcelle permet de constater que les zones de pourriture signalées le 21/08 non pas progressées depuis une semaine. Les sites de pourriture sont toujours concentrés en bout de parcelle du fait d'un taux d'argile plus élevé et de la morphologie de la parcelle (légère pente).

Figure 32 : Humidité cumulée du 28/08 au 28/09 (en haut), humidité par horizon (en bas).



### Suivi des courbes de salinité et fertilisation azoté

Figure 33 : courbes des salinités en VIC

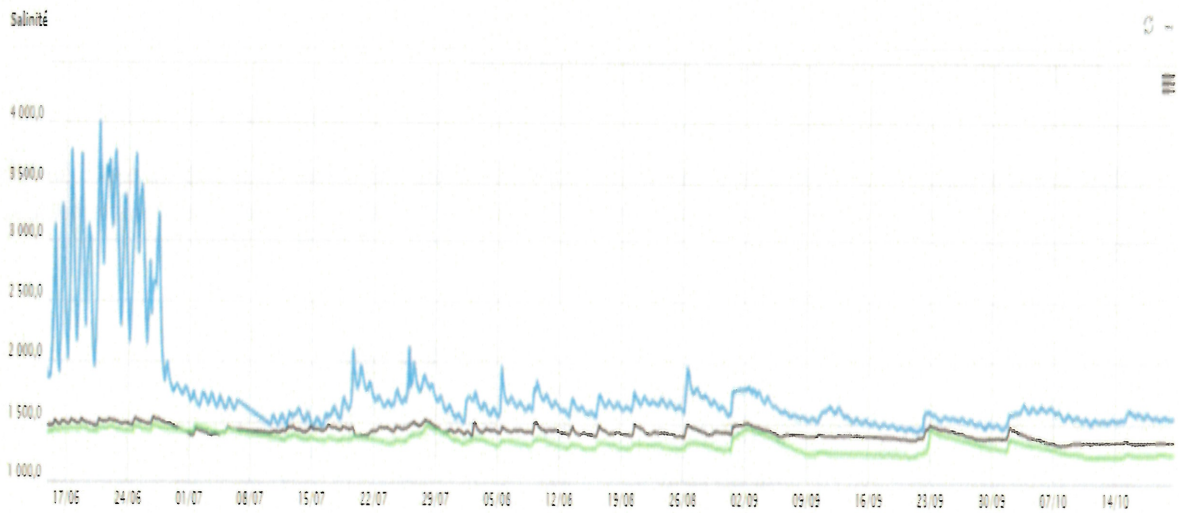


Figure 34 : teneur en nitrate dans le sol

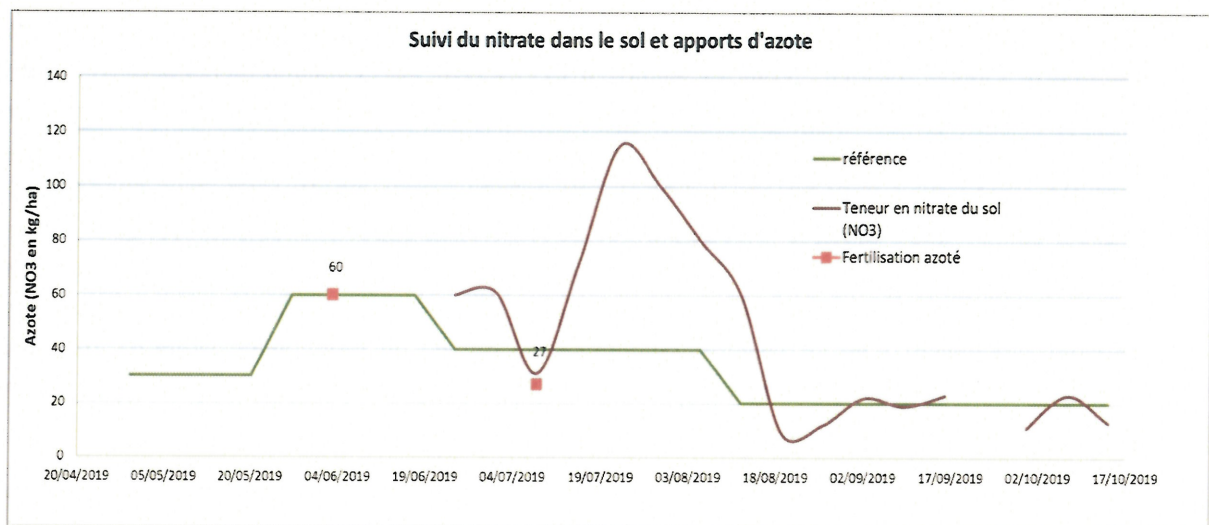
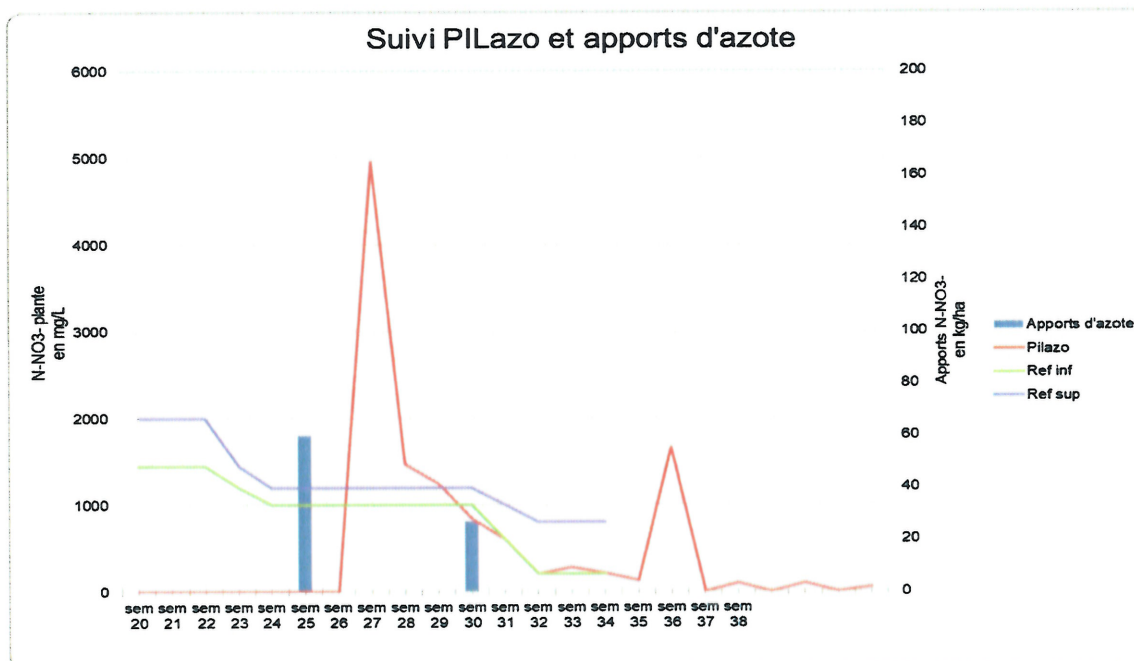


Figure 35 : suivi Pilazo et référence



La fertilisation apportée à la parcelle a été de 87 unités d'azote, 23 unités de phosphore et 9 unités de potasse (données producteur). Les dates de fertilisation de la culture sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Dates et doses des fertilisations en 2019

Semaine	Unité (Kg/ha)		
	N	P	K
03/06/2019	60	15.4	9.12
08/07/2019	27	9	0

En début de campagne (deuxième quinzaine du mois de juin), La salinité à 5 cm varie fortement entre 2 000 VIC et 4000 VIC. A partir du mois de juillet, les salinités chutent et se stabilisent durant toute la saison entre 1500 et 2000 VIC. Pour les salinités à 15 et 25 cm, elles évoluent de manière constante autour de 1 500 VIC durant toute la saison. En juin, les valeurs très élevées de salinités sur le premier capteur correspond à une période où les apports d'eau étaient quotidiens. Au niveau des humidités, le sol été à saturation (voir Figure 2). Les pics de salinités correspondent aux pics d'humidité à chaque irrigation. Cela montre qu'à cette période de l'année, les apports d'eau ont favorisé une mise en solution importante des éléments fertilisants sur le premier capteur. En revanche, on s'aperçoit que plus en profondeur (15 et 25 cm), on ne retrouve pas des pics de salinité aussi importants. Les irrigations influencent bien les salinités (augmentation du VIC au moment de l'apport), mais les variations restent faibles autour de 1500 VIC. Les valeurs élevées de salinité durant le mois de juin peuvent s'expliquer par la fertilisation du 3 juin (60 unités d'azote).

Le lien entre salinité et mesure de l'azote dans le sol n'est pas évident. Il semblerait que la période à partir du 20/07 qui correspond à des teneurs en azote plus élevée correspond aussi à des valeurs légèrement plus fortes en salinité à 5 cm. De plus, on retrouve une tendance à la baisse de la salinité

au fil de la saison sur les trois capteurs tout comme les mesures d'azote du sol. Malgré cela, il est difficile de faire le lien entre l'évolution des nitrates du sol et la salinité des sondes.

Tableau 10 : bilan 2018 et 2019

	2018	2019
<b>Fertilisation azoté (Kg/ha)</b>	64	87
<b>Nitratest : Valeur moyenne du taux de nitrate dans le sol (kg/ha)</b>	<p>Moyenne = 47 Unité N</p>	<p>Moyenne = 42 Unité N</p>
<b>Pilazo : Teneur en azote dans la plante (ppm)</b>	<p>Moyenne = 611 ppm</p>	<p>Moyenne = 740 ppm</p>
<b>Salinité : En VIC</b>	<p>Moyenne à 5 cm = 1700 VIC</p>	<p>Moyenne à 5 cm = 1800 VIC</p>

**Conclusion des suivis 2018 et 2019 :**

L'objectif de piloter et d'optimiser l'irrigation à l'aide de sonde capacitive sur culture de carotte en plein champ a été un succès. Durant les deux années du projet, le producteur a pris en main l'outil et a adapté ses pratiques d'irrigation en tenant compte des conseils de l'Ardepi et suivant les humidités relevées. L'utilisation des sondes capacitives en plein champ est particulièrement adaptée au pilotage des irrigations. Elles permettent de suivre l'évolution de la consommation en eau de la culture et le niveau de la recharge en eau du sol suite à une pluie ou une irrigation.

## Détermination des seuils de pilotage avec les sondes capacitives Sentek – culture de carotte PC

### Seuils d'humidité cumulée appliqués en 2018 et 2019 :

\* CC = Capacité au Champ

\* CH = Contrainte Hydrique

2018		2019	
Semis à la fin de la culture	CC = 122 mm CH = 80 mm	Semis - 10/07	CC = 125 mm CH = 80 mm
		10/07 - 23/08	CC = 125 mm CH = 65 mm
		23/08 - fin de culture	CC = 125 mm CH = 55 mm

Au vu des suivis réalisés en 2018 et 2019, les seuils d'humidité cumulée que l'on peut appliquer dans le contexte pédoclimatique de l'étude pour le pilotage de l'irrigation de la culture de carotte PC avec une sonde capacitive (30 cm) sont les suivants :

Humidité cumulée en mm (sonde 30 cm)	Seuil haut (saturation)	Seuil moyen (confort)	Seuil bas (contrainte)	Commentaires
Semis à jours +20/+30	120 mm	115 mm	100 mm	Pour une bonne implantation de la culture, il est important de maintenir une humidité très confortable sur les premiers centimètres de sol.
J+20/30 jours à la fin de la culture	120 mm	70 à 80 mm	50 à 60 mm	Suite au premier mois, les seuils peuvent être diminués. le premier horizon de sol peut perdre en humidité afin de forcer la culture à se développer en profondeur (15 à 20 cm).

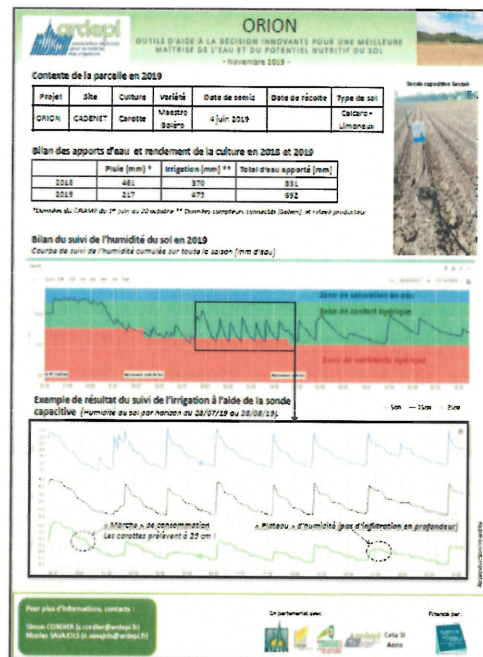
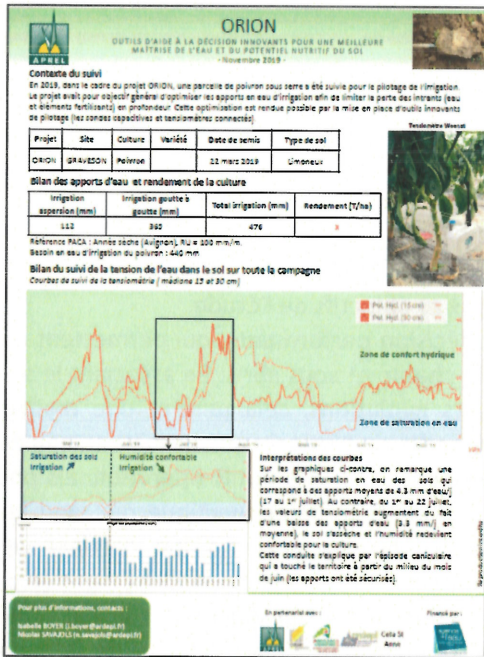
## Diffusion des résultats

Les comptes rendus d'expérimentation seront disponibles sur les sites internet de l'Aprel et de l'Ardepi. Une présentation des résultats a eu lieu :

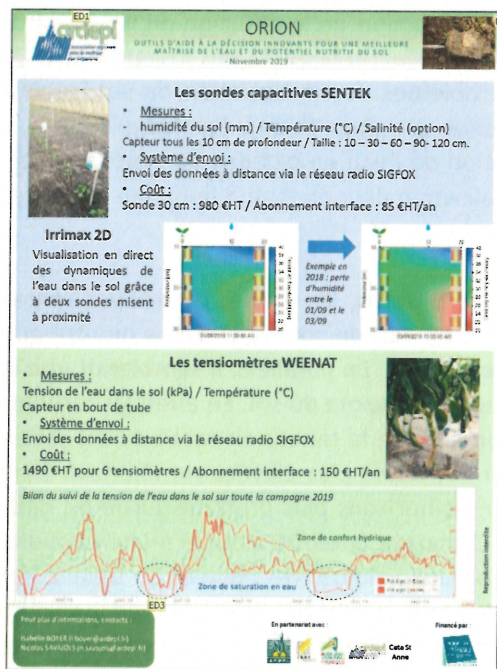
- Le 29 novembre 2019 sur la parcelle sous abri poivron, en présence des producteurs et techniciens, Graveson (13).
- Le 04 mars 2020, sur la parcelle plein champ carotte en présence des producteurs et techniciens, Cadenet (84).

Poster de présentation – ORION – parcelle de poivron sous serre (à gauche)

Poster de présentation – ORION – parcelle de carotte plein champ (à droite)



## Poster de présentation – ORION – « les outils connectés »



## Bilan et perspectives

Le projet ORION a permis de répondre aux principaux enjeux et objectifs de l'étude.

Les **sondes capacitives Sentek** sont des outils d'aide à la décision **performants**, qui permettent une mesure fiable de l'évolution de l'humidité des sols en plein champ et sous abris. En associant le suivi en continue des humidités et une interprétation de leurs évolutions, cela permet une **maitrise complète** des irrigations. Cette optimisation permet de répondre au plus près aux besoins en eau des cultures. Les **sondes tensiométriques Weenat** connectées sont aussi des outils opérationnels pour suivre la disponibilité en eau du sol. L'innovation vient de l'absence de connectique qui rend leur utilisation simplifiée pour les exploitants agricole. De plus, le développement d'une interface web ergonomique et simple d'utilisation permet de suivre facilement les résultats. Le vieillissement de ces sondes reste toutefois à être évalué, sur 3 années afin de conseiller les producteurs sur leur temps d'amortissement. La fragilité du capteur tensiométrique (bougie qui se désolidarise de la canne métal lors de retrait) et le vieillissement du capteur tensiométrique à la connexion automatique, nécessite un renvoi du matériel en SAV. Aussi, la performance du SAV de cette société sera un facteur déterminant au développement de ce matériel dans les exploitations.

L'utilisation des sondes capacitives a permis d'identifier la **diffusion de l'eau** dans le sol grâce au système **Irrimax 2D**. Il est possible d'adapter les apports en fonction de la diffusion de la ressource en profondeur (augmenter les fractionnements en sol sableux, adapter la durée des irrigations ...). De plus, Irrimax 2D peut nous renseigner sur d'éventuels problèmes de structuration du sol (couche imperméable, remontée d'eau par capillarité). L'expérience en plein champ (campagne 2019) a permis de mettre en avant qu'il y avait très peu d'infiltration de l'eau en dessous du capteur 30 cm lors des irrigations. Ce constat est possible grâce à la visualisation de « plateau d'humidité » lors des apports (voir figure 31).

Au sujet de l'identification de la **migration des éléments fertilisants**, les sondes capacitives Sentek permettent le suivi en continue de la salinité de la solution en eau du sol. Nous avons montré que cette mesure est directement liée à l'évolution de la teneur en eau. En parallèle, **il semblerait que la salinité en VIC des sondes Sentek soit influencée par la teneur en azote du sol**. En effet, les résultats obtenus sur la culture de poivron sous abris montrent que lorsque la teneur en azote du sol est en moyenne plus élevée, les valeurs de salinités sont aussi en moyenne plus élevées sur l'horizon 5 cm (voir Tableau 3). En revanche, il y a peu de différence sur les horizons plus profonds entre les deux années. Pour le suivi en plein champ, la fertilisant de 60 U d'azote le 03/06 associé à une humidité très forte due aux irrigations, peuvent être une explication aux valeurs très élevées de salinité sur l'horizon 5 cm durant le mois de juin. Plusieurs éléments laissent penser que la mesure de la salinité (en VIC) permet de suivre la teneur en azote de la solution du sol. Il faudra continuer à tester ces outils à l'avenir pour confirmer ces tendances. 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.

Dans l'objectif d'optimisation de la fertilisation pour limiter les pertes d'éléments vers la ressource en eau ; la combinaison des sondes capacitives avec l'imagerie des flux d'eau Irrimax 2D reste encore un outil de techniciens à évaluer dans des conditions maraichères en sol caillouteux et en arboriculture.

Un nouvel outil nommé Kit Nutrisens permettant d'évaluer le niveau d'azote et de potasse dans le sol doit être évalué dans un nouveau projet nommé : Tomifert NK, en conditions climatiques maîtrisées sous serre. Il sera évalué en parallèle des outils des sondes capacitives Sentek humidité salinité, de l'outil Irrimax 2D.

Ces outils pourraient être mis aussi en évaluation avec des outils dont les références restent à être précisées tel que la pince Dualex, Les Aquatwin, notamment sur des cultures où les mesures Pilazo sont absentes tel que la culture de concombre.

Ces différents outils pourraient être testés conjointement dans l'objectif de sécuriser rapidement les pratiques des producteurs, d'optimiser les apports d'eau et de fertilisation, et de limiter les lessivages des éléments fertilisants en profondeur. Tous ces nouveaux outils sont une réponse pour allier les objectifs environnementaux futurs et la pérennité des exploitations.

**Annexe n°1**

**Poivron sous abris**

**Bilan sonde Aprelfox\_03**

**(2018 et 2019)**

# BILAN POUR LA SONDE SONDE APRELFOX\_03

## Période

Début : 29/03/2018 00:00:00

Fin : 29/11/2018 12:59:00

## Info-culture

Poivron bio sous tunnel

Plantation le 22 mars 2018

paillage plastique intégral

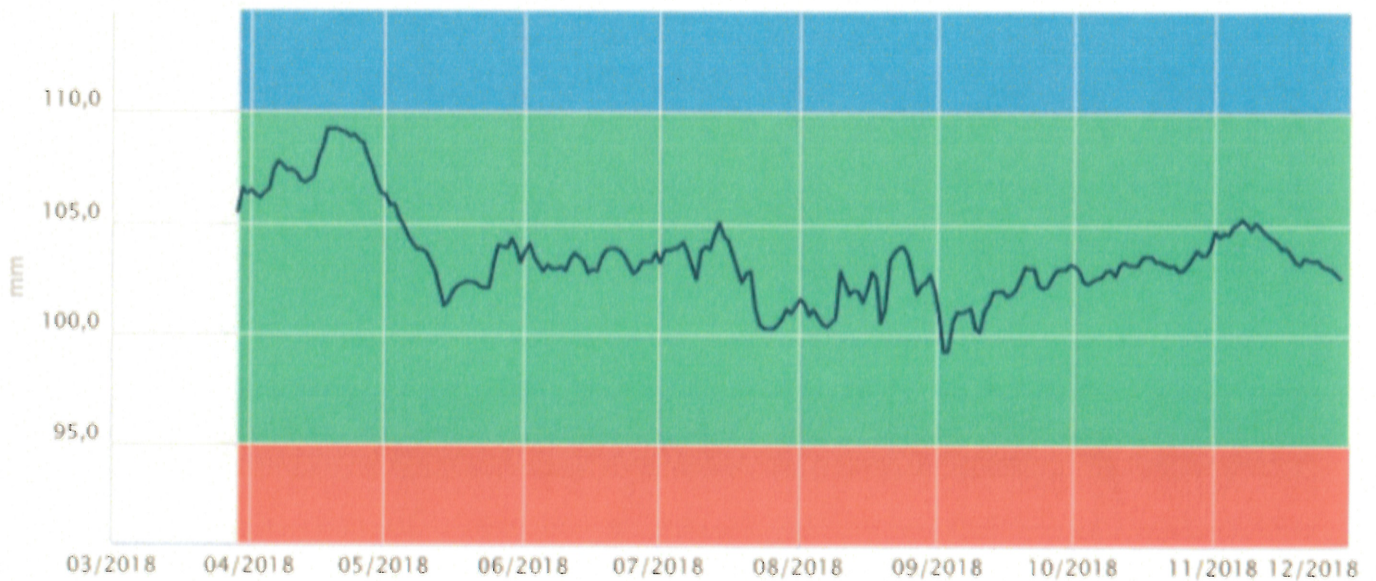
asperseurs 132 l/h, esp 3m, deux rampes

gaine 1 l/h esp 20 cm mono rang - 1 rang de plantation

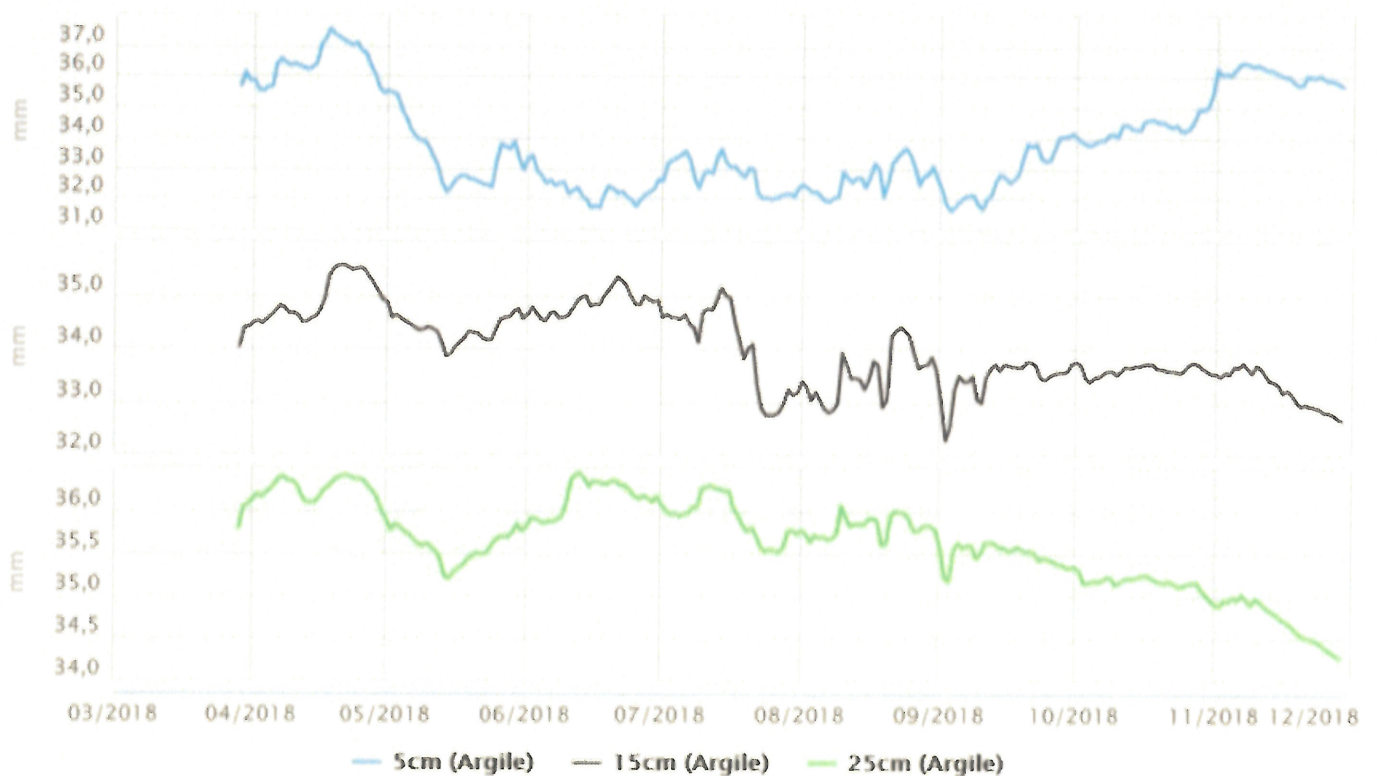
pluviométrie théorique aspersion : 11 mm/h

pluviométrie théorique goutte à goutte : 4 mm/h

## Cumul



## Humidité

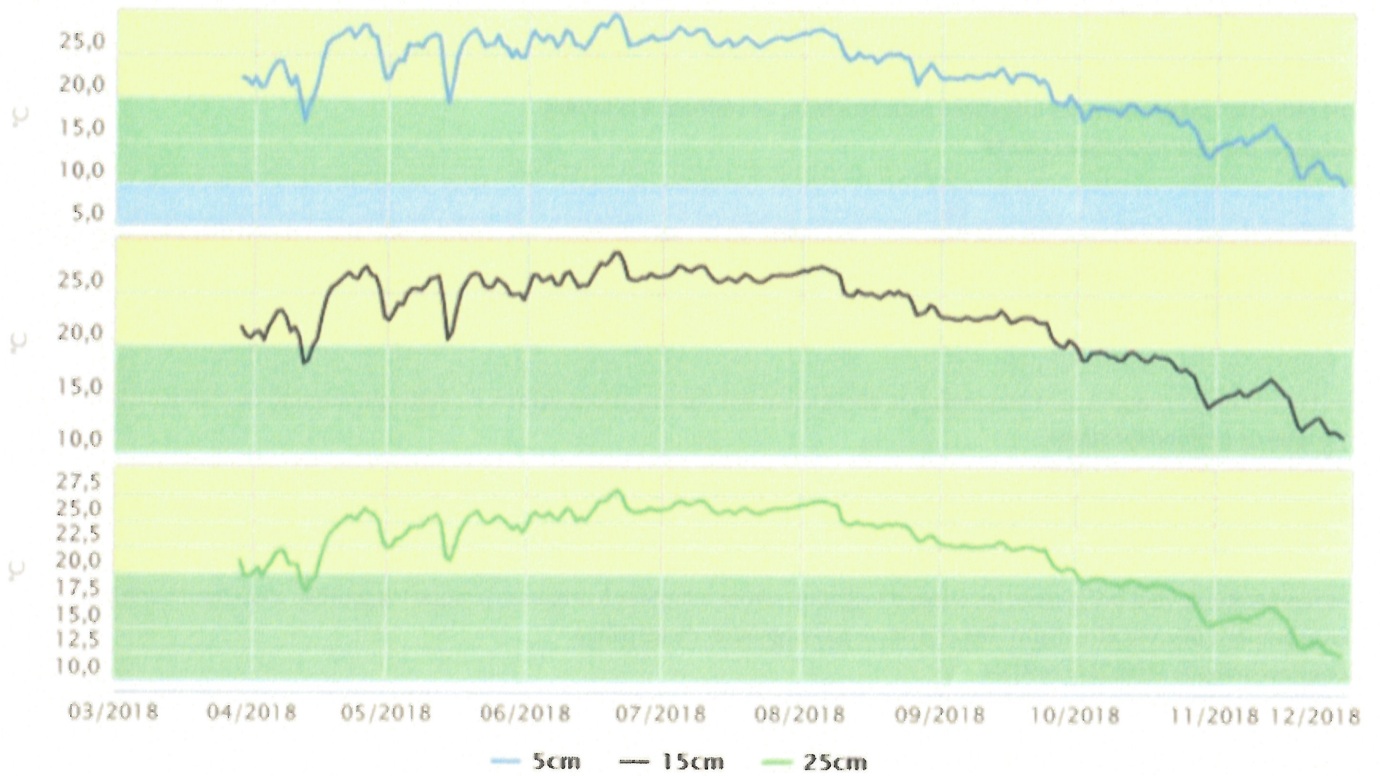




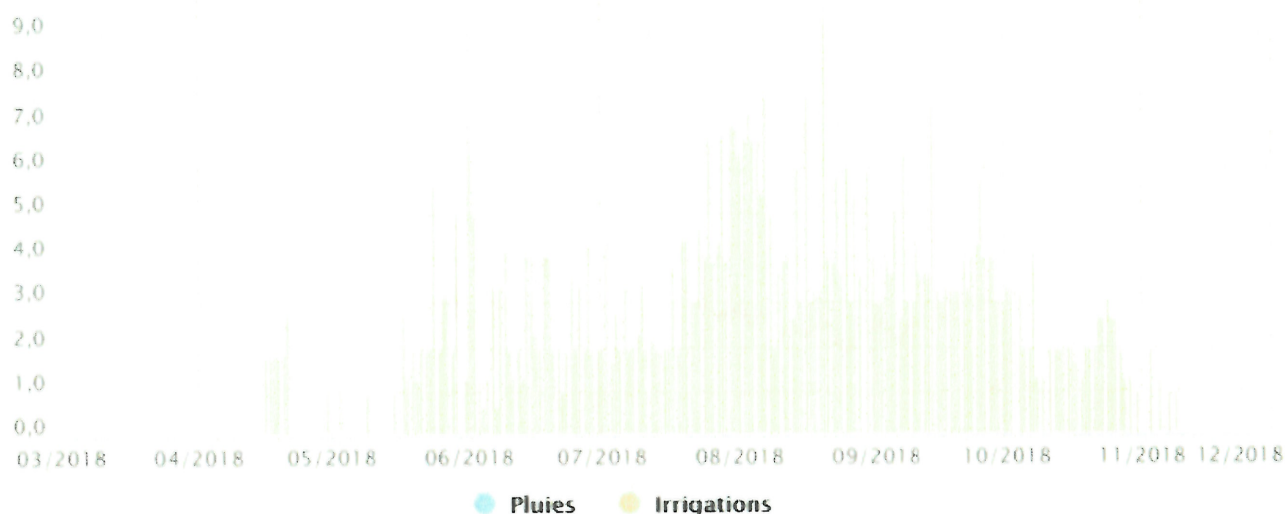
### Salinité



### Température



## Pluies et irrigations



### Liste des conseils

Vérifier le bon positionnement de l'antenne car il y'a des rupture de communication.

Les apports sont ajustés aux consommations, veiller à ce que la courbe à 25 cm ne marque pas une baisse significative.

*Rédigé par ardepi le 31/07/2018 16:04.42*

Une augmentation de l'irrigation progressive doit être mise en place afin de faire augmenter régulièrement l'humidité jusqu'à un seuil de 101 à 102 mm sur la courbe des cumuls.

*Rédigé par ardepi le 26/07/2018 15:21.37*

Une réduction progressive des irrigations peut être faite, en vérifiant à la tarière.

*Rédigé par ardepi le 17/07/2018 11:40.59*

Maintenir les niveaux d'humidité, si la baisse de l'humidité sur le capteur 25 cm se confirme, une alternance d'irrigation plus tardive pourrait rééquilibrer l'humidité.

*Rédigé par ardepi le 03/07/2018 14:02.50*

Des températures chaudes sont annoncées, le déclenchement des irrigations vers 9h du matin permettrait de maintenir la réserve hydrique de profondeur stable.

Visite demain matin vers 10h30

*Rédigé par ardepi le 25/06/2018 14:11.33*

Les températures vont progresser, les doses d'irrigation seront adaptées à la hausse lorsque les courbes amorceront une baisse. Les aspersion devront être maîtrisées afin de ne pas engendrer de lessivage.

*Rédigé par ardepi le 18/06/2018 16:47.04*

La conduite de l'irrigation donne un bon confort hydrique.

Les irrigations devront être augmentées dès la baisse des courbes, des températures annoncées plus chaudes sont annoncées ce week-end.

*Rédigé par ardepi le 08/06/2018 10:54.14*

Les aspersion sont nécessaire pour redonner une humidité plus homogène sur la parcelle.

Les irrigations au goutte-à-goutte devront être fractionnées au maximum, si possible 3 fois/jour ce vendredi et samedi, dimanche

Jour break .

Lundi selon les résultats, l'irrigation fractionnée pourra reprendre à 2 fois/jour.

*Rédigé par ardepi le 25/05/2018 10:21:56*

La reprise des irrigations journalières peut être mise en place pendant quelques jours afin de redonner du confort hydrique, et anticiper les fortes chaleurs annoncées pour la semaine prochaine.

Une irrigation fractionnée est nécessaire afin de diffuser l'eau latéralement et limiter les apports d'eau en profondeur.

*Rédigé par ardepi le 18/05/2018 09:47:26*

La culture est en confort hydrique. Une irrigation modérée pourra être positionnée dès la hausse des températures.

*Rédigé par ardepi le 03/05/2018 12:04:44*

L'humidité doit être validée à la tarière.

La deuxième sonde montre aussi une augmentation de l'humidité sur l'ensemble du profil.

*Rédigé par ardepi le 23/04/2018 15:43:42*

Les mesures d'humidité doivent encore être validées par l'observation du sol à la tarière.

Visite semaine 16 soit mardi 17 avril soit jeudi 19 avril pour contrôle débit pression et point pilotage avec les notations temps d'irrigation notée par Jean-Michel.

*Rédigé par April le 03/04/2018 11:23:41*

## Liste des commentaires

L'aspersion du dimanche 29 juillet a redonné de l'humidité sur l'ensemble du profil.

Les humidités sont confortables comprises entre 32 et 35 mm, avec un fractionnement qui maintient bien l'humidité de surface sans marquer le capteur 25 cm.

*Rédigé par ardepi le 31/07/2018 16:01:04*

Le changement du régulateur de pression du 20 juillet de 1,6 b à 0,8 b, a engendré une baisse de humidité globale.

Les temps d'irrigation sont plus long maintenant et la diffusion de l'eau dans le sol devrait être meilleure et visible sur Irrimax 2D.

Les humidités à ce jour sont basses, le sol est séchant (confirmé à la tarière par le producteur).

On peut noter le seuil de 100 mm comme seuil bas pour le déclenchement de l'irrigation.

*Rédigé par ardepi le 26/07/2018 15:19:26*

Les humidités sont plus élevées que les consommations, on ne voit pas de plateau de nuit.

*Rédigé par ardepi le 17/07/2018 11:42:35*

Les humidités sont bien maîtrisées, et marque un bon confort pour la culture.

Globalement la courbe des cumuls progresse légèrement alors que l'humidité en profondeur est en à la baisse depuis 2 jours.

La courbe en profondeur ne marque plus de lessivage de nuit, le placement des irrigations est bon.

*Rédigé par ardepi le 03/07/2018 14:00:46*

Les consommations s'amorcent à 7h du matin.

La suppression de l'irrigation du soir semble intéressante, on voit maintenant le plateau de non consommation la nuit. Il me semble que l'on voyait du drainage la nuit les jours précédents.

*Rédigé par ardepi le 25/06/2018 14:08:11*

Le dimanche 10 juin marque une hausse significative des humidités, sur l'ensemble de profil et sur les 2 sondes. On remarque une baisse de la salinité de la 2 eme sonde sur le capteur 25 cm au même moment.

Les humidités sont confortables, et en légère progression. Les apports semblent légèrement supérieurs aux consommations ces derniers jours.

*Rédigé par ardepi le 18/06/2018 16:44:34*

Le dimanche 10 juin marque une hausse significative des humidités, sur l'ensemble de profil et sur les 2 sondes. On remarque une baisse de la salinité de la 2 eme sonde sur le capteur 25 cm au même moment.

Les humidités sont confortables.

*Rédigé par ardepi le 18/06/2018 16:42:48*

Le sol a retrouvé une humidité de confort, et une plus grande souplesse à la tarière.  
Les apports d'eau par aspersion et goutte-à-goutte cumulé a été bien positionnée.  
Les humidités sont stables depuis le 1 juin.

*Rédigé par ardepi le 08/06/2018 10:50:52*

Le sol est séchant dès que l'on est à plus de 10 cm du goutteur, l'eau ne se diffuse pas latéralement.  
Sous le paillage plastique on aperçoit des fentes de retrait. Durant le mois de mai, le sol a été maintenu en humidité modérée vu les températures basses.

Des fentes de retrait se sont créées à ce moment là. La culture est malgré tout poussante.

Pour retrouver un sol souple, et une humidité mieux répartie, des aspersion ont été programmées avec Jean-Michel jusqu'à lundi.

*Rédigé par ardepi le 25/05/2018 10:17:37*

les humidités enregistrées par la sonde sont modérées à confortable.

La tarière montre un sol dur et très séchant.

*Rédigé par ardepi le 18/05/2018 09:40:45*

Les humidités sont en baisse, elles sont maintenant plus modérées sur l'ensemble du profil.

*Rédigé par ardepi le 03/05/2018 12:02:56*

Le contrôle à la tarière jeudi 19 avril montre un sol très humide en surface et se ressuyant en profondeur.

Les capteurs montrent une humidité croissante sur l'ensemble Du profil.

*Rédigé par ardepi le 23/04/2018 15:40:56*

Le contrôle à la tarière jeudi 19 avril montre un sol très humide en surface et se ressuyant en profondeur.

Les capteurs montrent une humidité croissante sur l'e Du profil.

*Rédigé par ardepi le 23/04/2018 15:39:38*

Paramétrage de la sonde avec le coefficient argile à confirmer.

L'humidité du sol est proche de la saturation, avec une tendance à une augmentation de l'humidité.

*Rédigé par Aprel le 03/04/2018 11:17:56*

# BILAN POUR LA SONDE SONDE APRELFOX\_03

## Période

Début : 01/03/2019 00:00:00

Fin : 01/10/2019 23:59:59

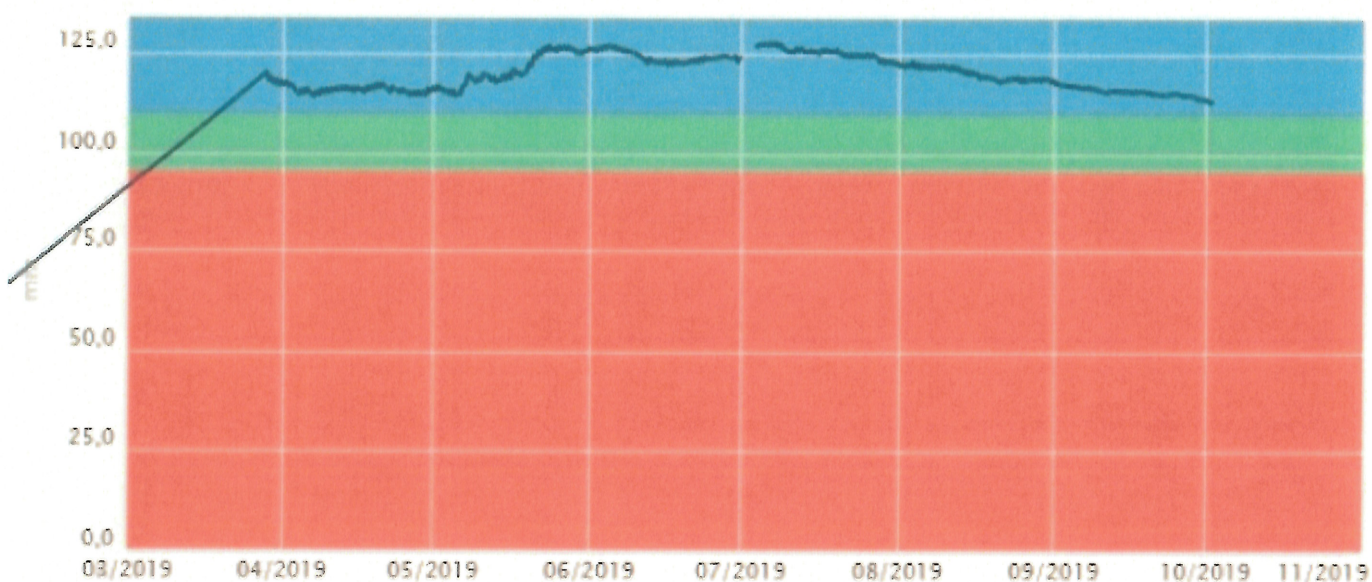
## Info-culture

Décembre 2019 Fraises Hors Sol Cléry  
plantation 12/12/19

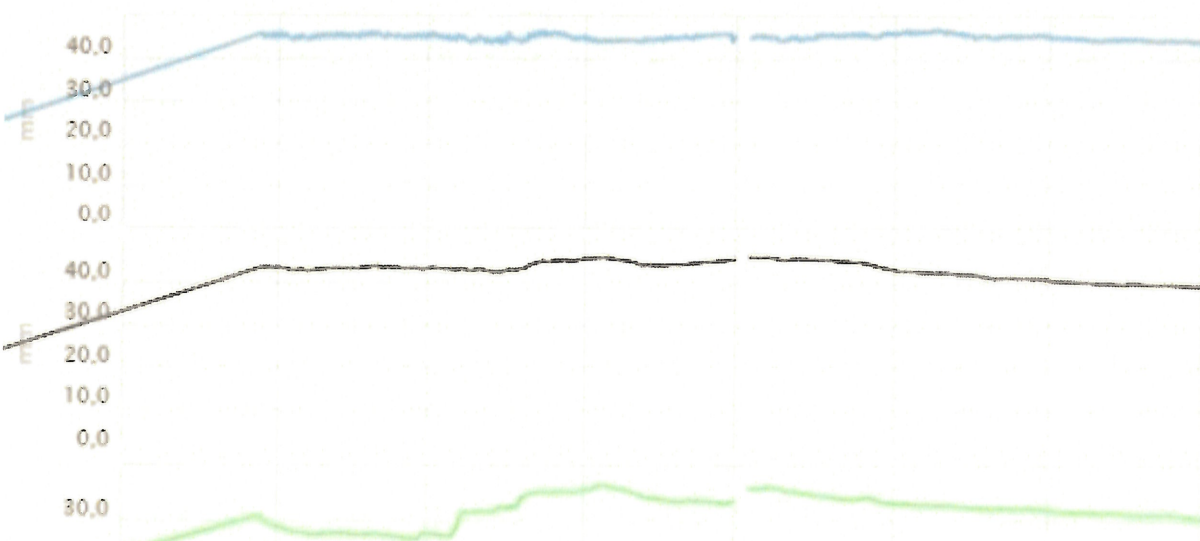
2019 plantation le 27 mars.  
aspersion rondo buse blanche, ailette verte  
gaine mono-rampe, 1 l/h, esp 20 cm

Polvron bio sous tunnel  
Plantation le 22 mars 2018  
paillage plastique intégral  
asperseurs 132 l/h, esp 3m, deux rampes  
gaine 1 l/h esp 20 cm mono rang - 1 rang de plantation  
pluviométrie théorique aspersion : 11 mm/h  
pluviométrie théorique goutte à goutte : 4 mm/h

## Cumul



## Humidité



20.0

10.0

0.0

03/2019

04/2019

05/2019

06/2019

07/2019

08/2019

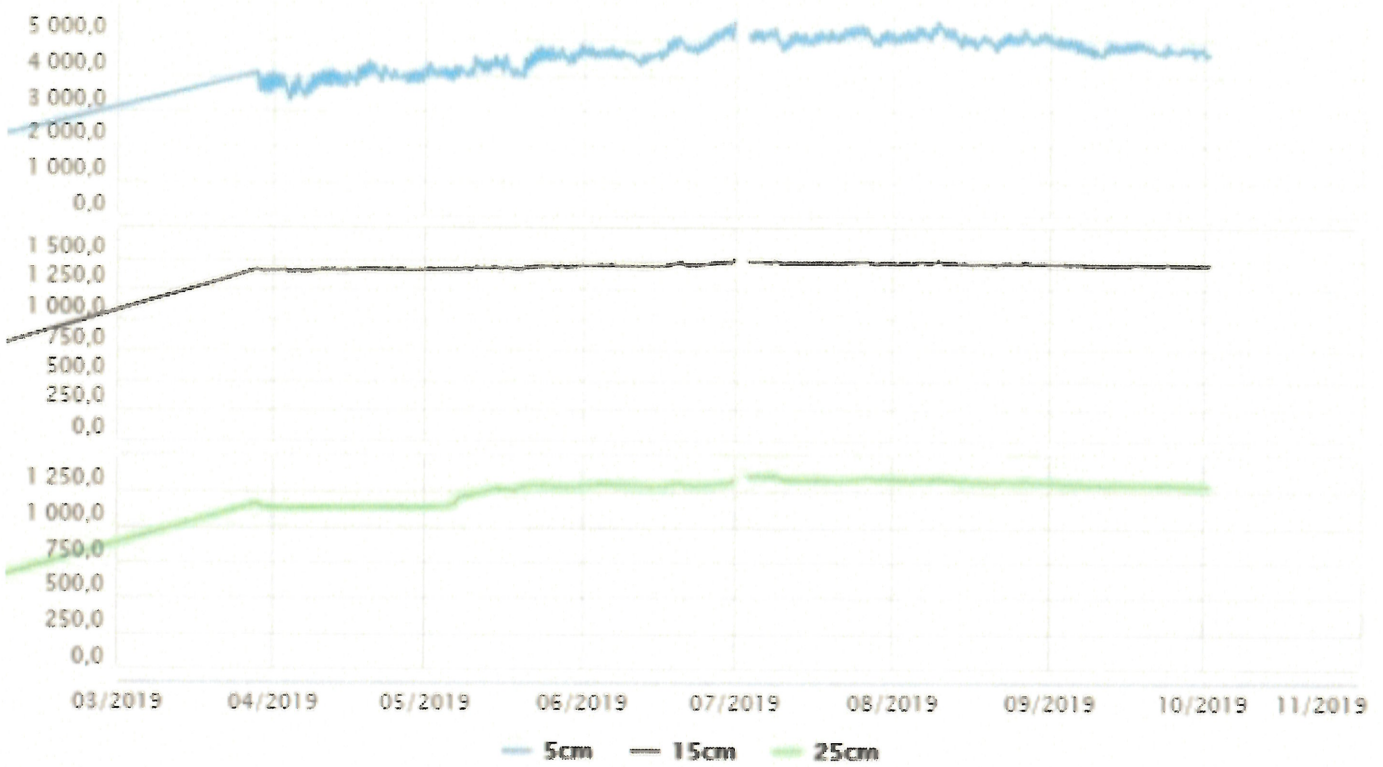
09/2019

10/2019

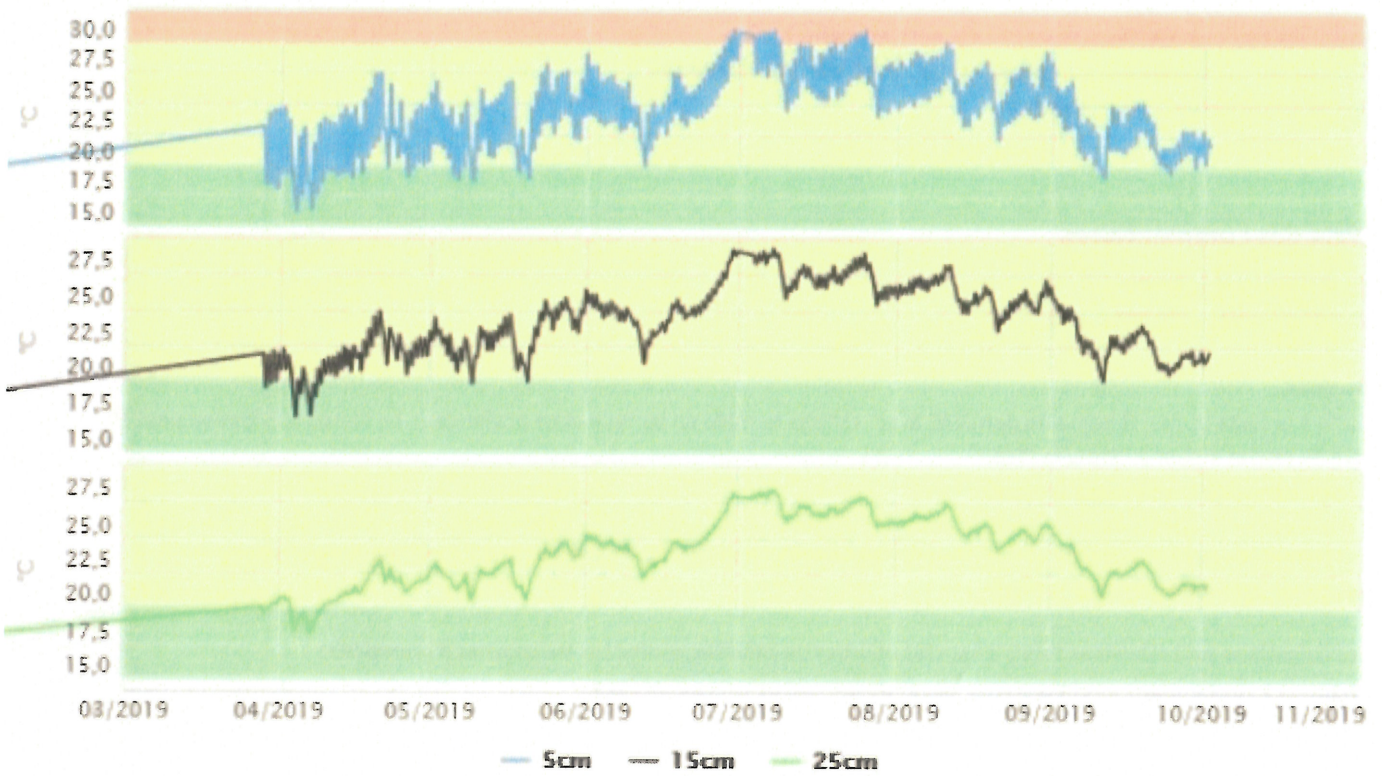
11/2019

5cm 15cm 25cm

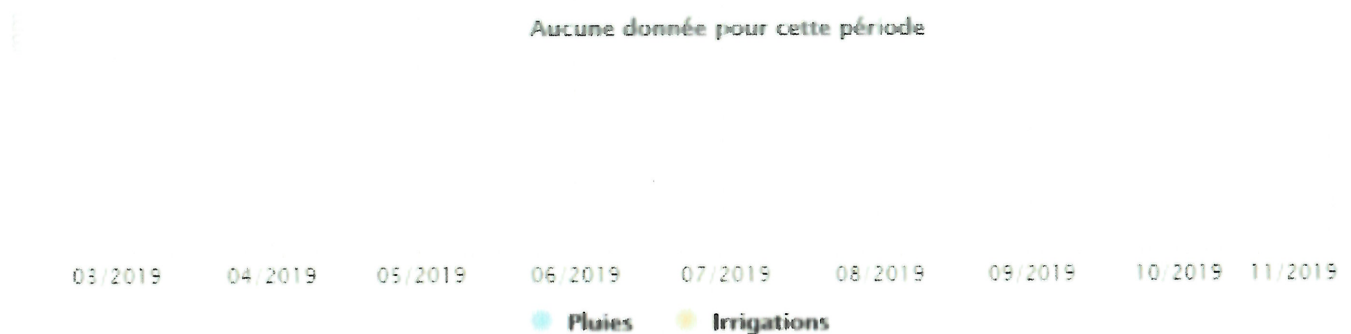
### Salinité



### Température



## Pluies et irrigations



### Liste des conseils

voir sonde 2

Rédigé par ardepi le 15/04/2019 12:11:22

L'humidité du capteur 25 cm n'est pas cohérente.

Rédigé par ardepi le 01/04/2019 16:46:33

La sol est très humide, les sondes ont été enfoncée sans tarière.  
Bien zoomer la courbe des cumuls pour voir l'évolution des humidités.

Rédigé par ardepi le 01/04/2019 15:36:44

### Liste des commentaires

Conseil sur la sonde n°2

Rédigé par ardepi le 29/07/2019 14:12:28

Bonjour,

Suite à la visite terrain la semaine dernière, le sol est très humide en surface et en profondeur. Le temps d'irrigation peut être réduit afin de ne pas arriver à un excès d'eau.

Rédigé par ardepi le 08/07/2019 12:13:18

Les humidités restent élevées sur les trois horizons de sol. Le temps d'irrigation pourrait être légèrement réduit.

Rédigé par ardepi le 01/07/2019 11:37:30

Les irrigations sont clairement visibles sur les courbes de salinités, moins sur les courbes d'humidités

La sonde 2 réagit mieux aux irrigations, nous l'utiliserons pour les pilotages.

Rédigé par ardepi le 15/04/2019 12:11:11

coefficient argile positionné ce jour.

Le capteur 25 cm indique une valeur étrange de 31 mm alors que la sonde 2 indique 35 mm!

on va peut être reposer la sonde?

Rédigé par ardepi le 01/04/2019 15:37:24

## **Annexe 2**

### **Poivron sous abris**

#### **Bilan sonde Aprelfox\_04**

**(2018 et 2019)**

# BILAN POUR LA SONDE SONDE APRELFOX\_04

## Période

Début : 29/03/2018 00:00:00

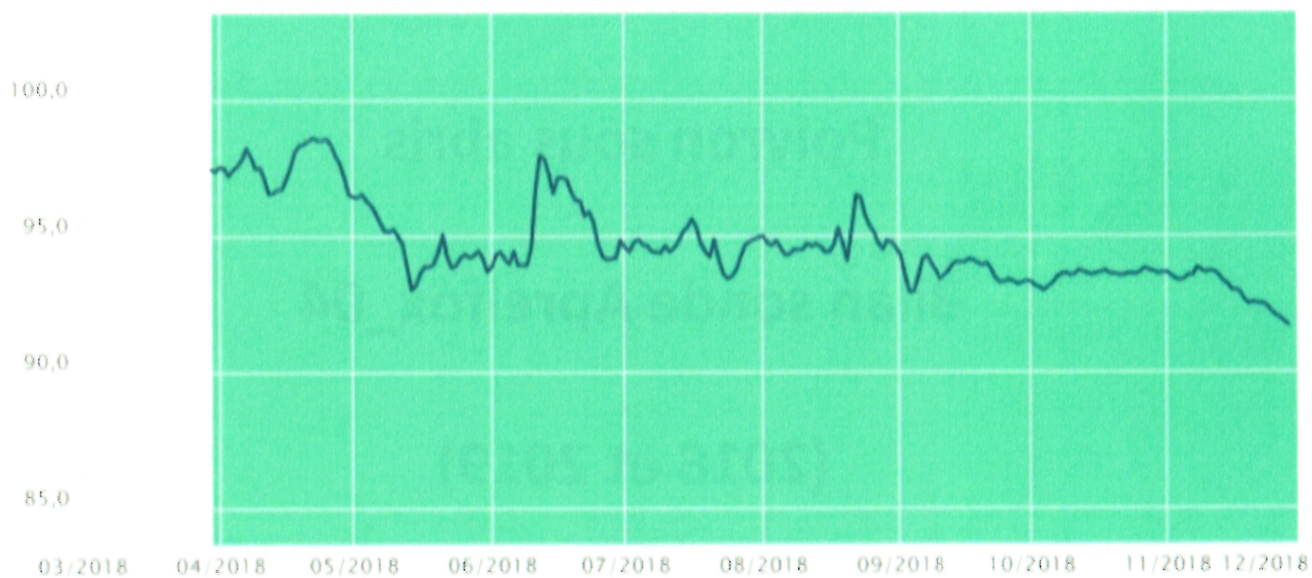
Fin : 29/11/2018 12:59:59

## Info-culture

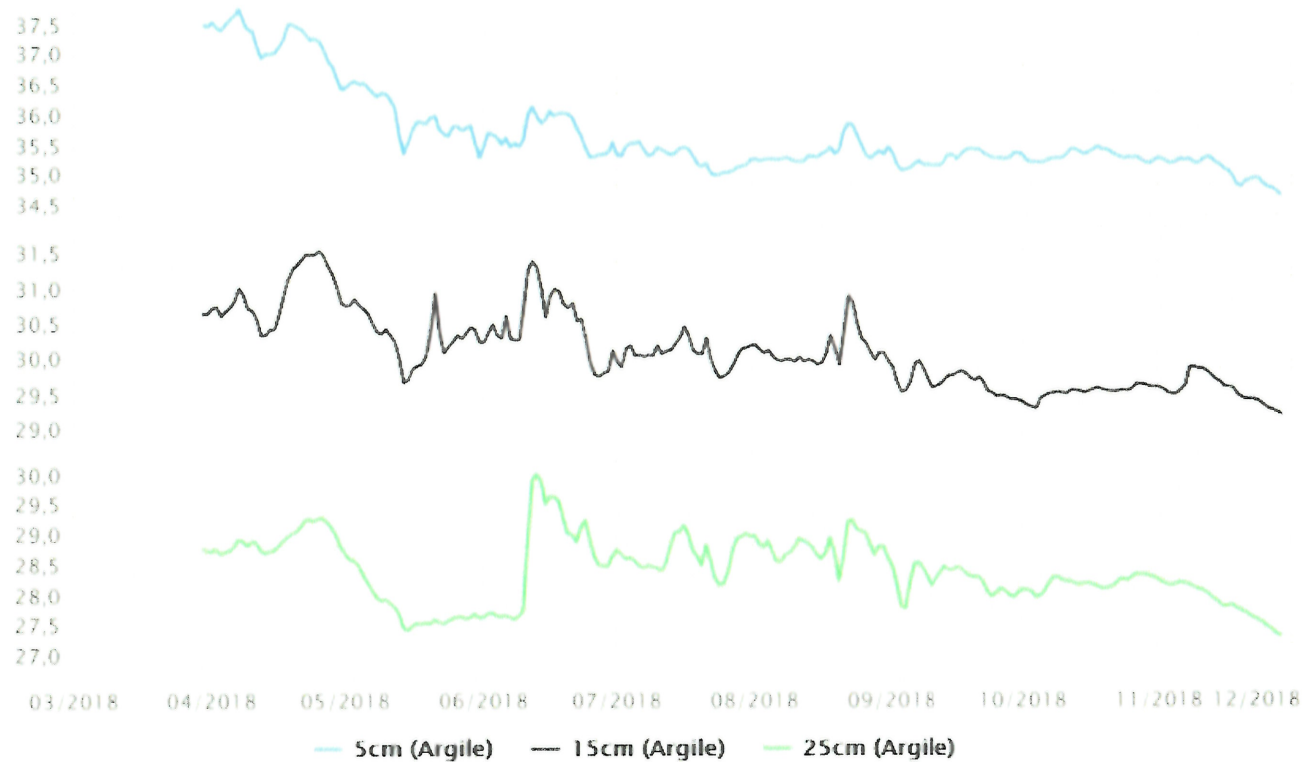
Orion poivron

suivi Irrimax 2D

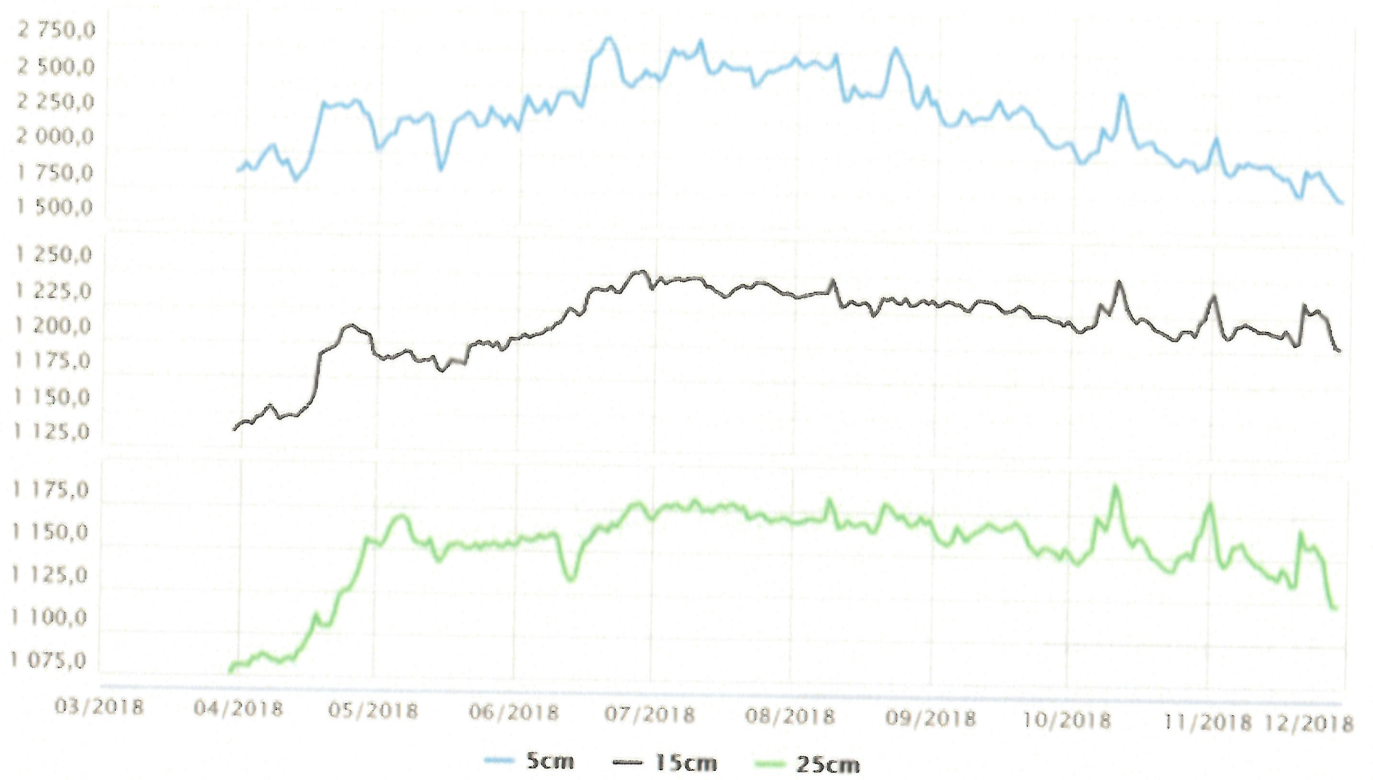
## Cumul



## Humidité



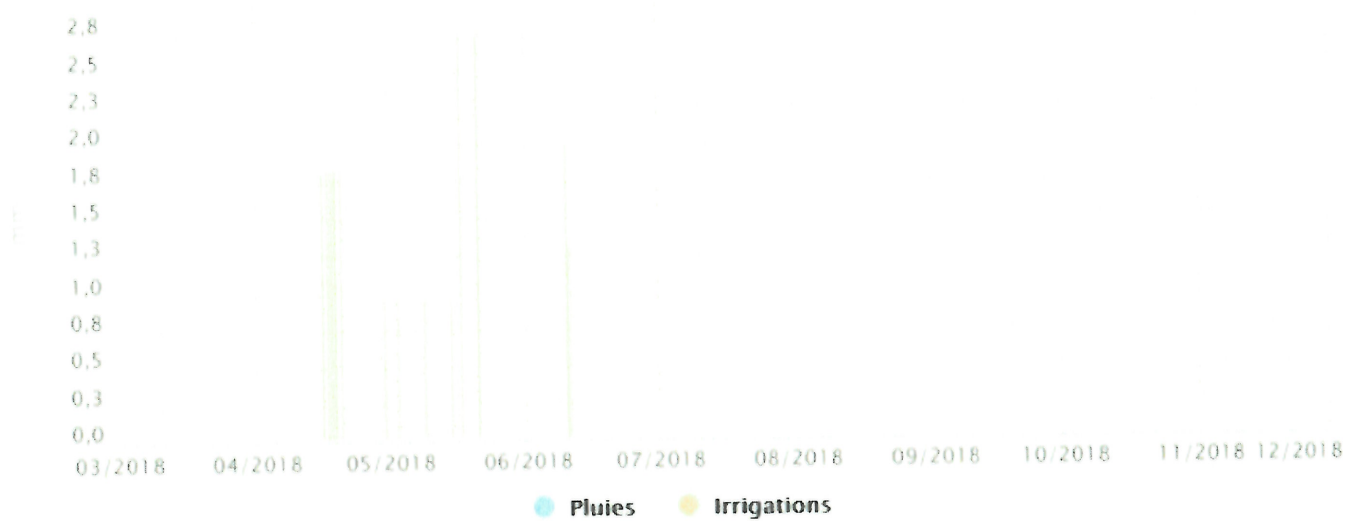
### Salinité



### Température



## Pluies et irrigations



### Liste des commentaires

La sonde est placée à 15 cm du goutteur coté passage.  
Elle permet de visualiser la diffusion latérale de l'eau.  
Cette sonde sera utilisée pour faire imagerie Irrimax 2D  
*Rédigé par April le 03/04/2018 11:13:39*

# BILAN POUR LA SONDE SONDE APRELFOX\_04

## Période

Début : 01/04/2019 00:00:00

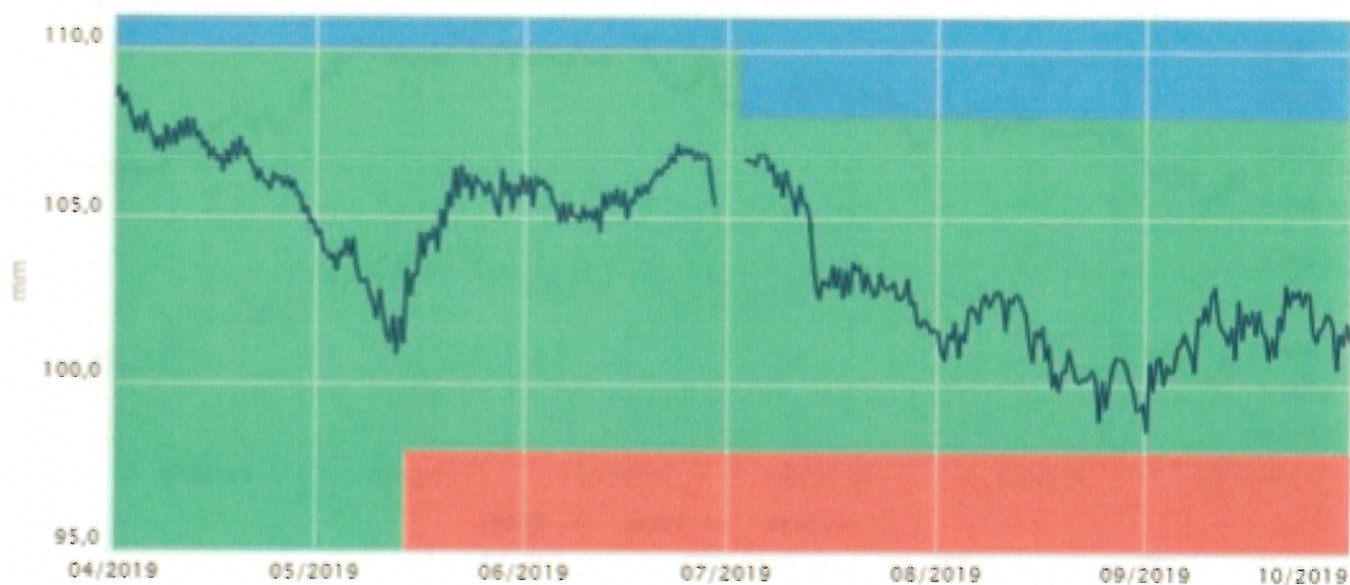
Fin : 30/09/2019 23:59:59

## Info-culture

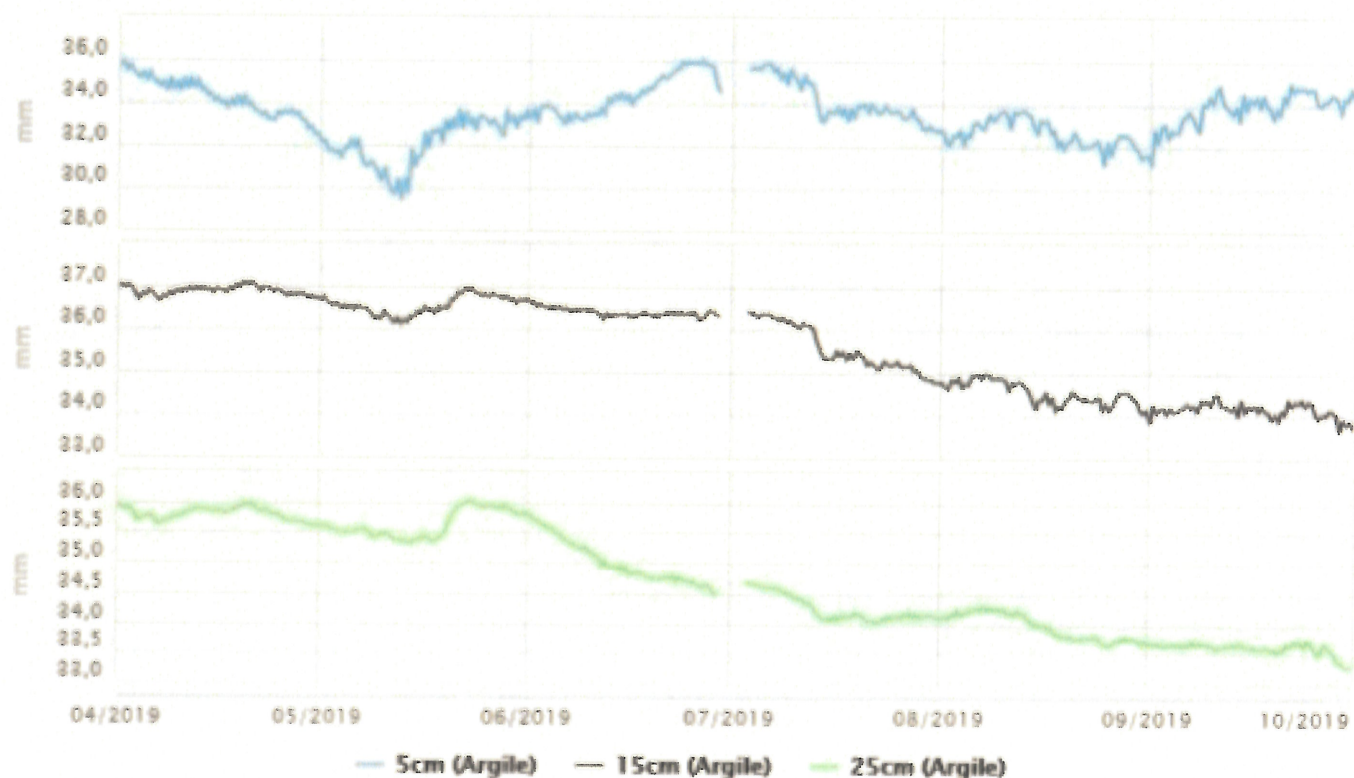
Orion poivron

suivi Irrimax 2D

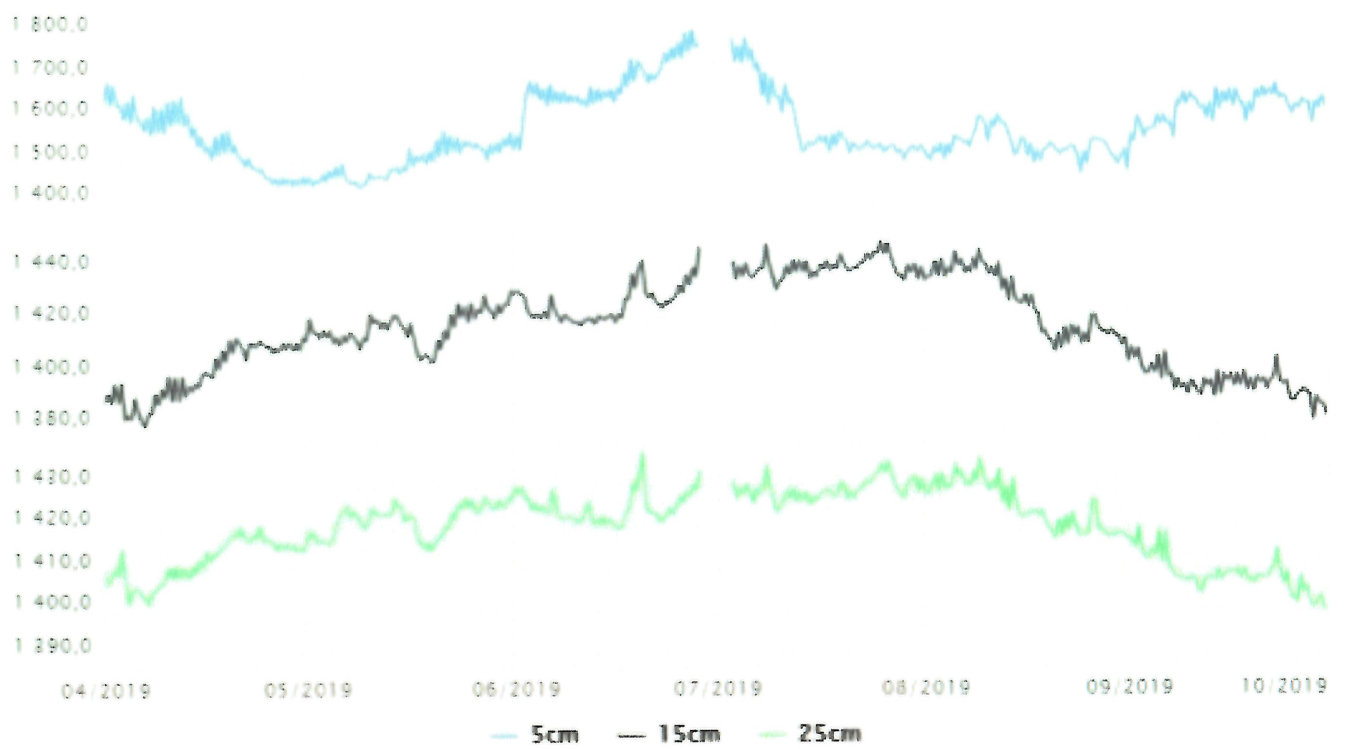
## Cumul



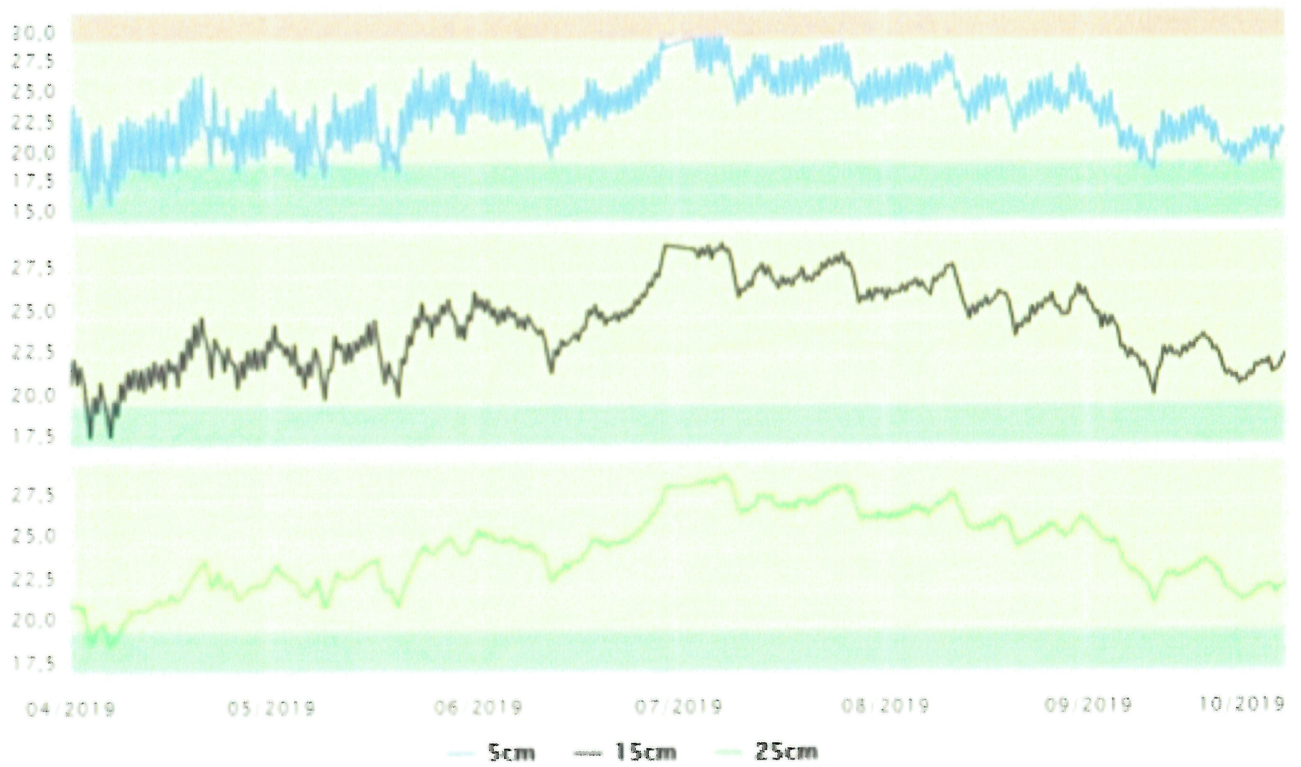
## Humidité



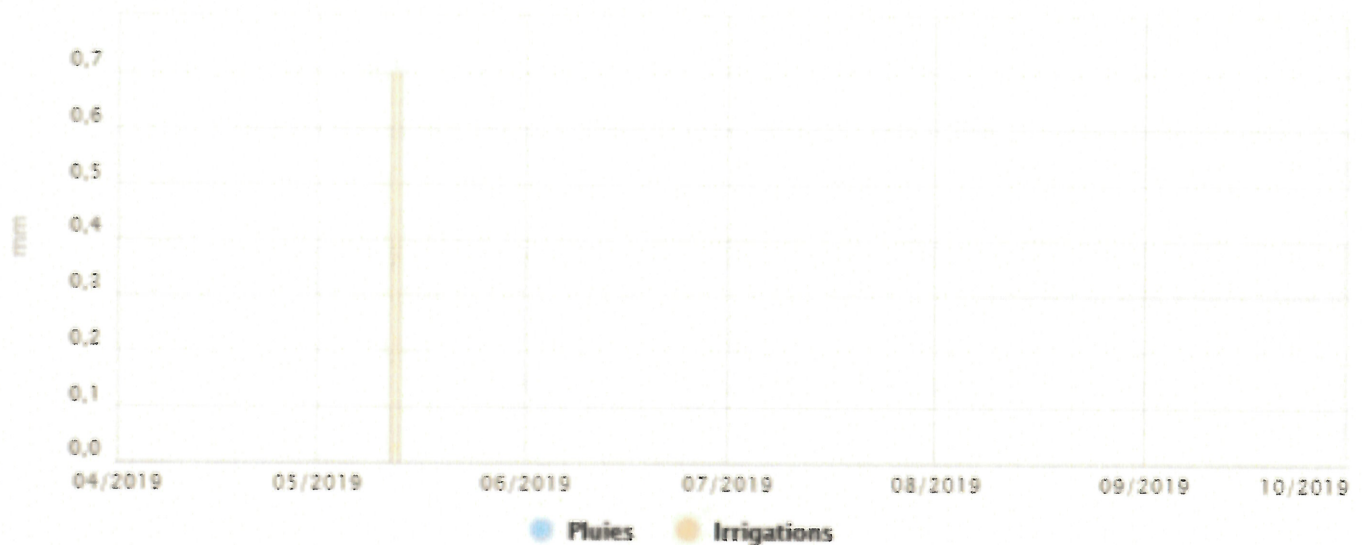
## Salinité



## Température



## Pluies et irrigations



### Liste des conseils

Bonjour,

Une observation de terrain le 26/09 a montré un sol encore très humide (en surface et en profondeur : 40 cm). Les irrigations pourraient être légèrement diminuées.

*Rédigé par ardepi le 27/09/2019 15:21:40*

Bonjour, Depuis ce week-end les humidités ont tendances à augmenter sur les trois horizons. Les consommations sont bien moins importantes par temps couverts. La semaine s'annonce plutôt couverte avec des températures max autour de 24 à 26 °C. Les irrigations peuvent être diminuées légèrement pour éviter de gagner encore en humidité.

*Rédigé par ardepi le 23/09/2019 11:37:33*

Bonjour,

Suite à l'observation du sol, il faut maintenir les apports comme en début de semaine afin de garder une humidité cumulée stable autour des 100 mm. Même si les températures vont baisser, le vent quant à lui, va s'intensifier dans les prochains jours.

*Rédigé par ardepi le 04/09/2019 10:27:49*

Bonjour,

Je passerais pour regarder l'humidité du sol dans l'après midi. Pour l'irrigation, attention à ne pas descendre trop bas en terme d'humidité (<100 mm). Il faudrait essayer de rester constant entre 100 et 105 mm. A voir selon mes observations de sol.

*Rédigé par ardepi le 03/09/2019 11:07:16*

Bonjour,

Il faudrait augmenter légèrement vos apports. En effet, l'humidité cumulée tend vers la zone de contrainte hydrique. Il faut rester le plus constant possible au dessus des 100 mm. Attention cependant mardi et mercredi le temps sera plus couvert avant le retour d'un temps sec et chaud jeudi. De plus, on remarque des pertes de données, il se peut que le boîtier soit un peu trop dans la végétation et les données ne sont alors pas transmises. Essayer peut être de sortir le boîtier au dessus de la culture.

*Rédigé par ardepi le 26/08/2019 12:48:24*

Bonjour,

Attention à ne pas descendre trop en bas en terme d'humidité. Il faudrait se stabiliser autour des 100 mm.

*Rédigé par ardepi le 19/08/2019 13:43:13*

Bonjour,

Les Humidités sont stables dans la zone de confort depuis plusieurs jour. Le pilotage de l'irrigation est bon ! De plus les tensiomètres weenat sont aussi dans la zone de confort hydrique. Au vu de la semaine chaude qui s'annonce il faudra peut être augmenter les apports

Rédigé par ordepi le 22/07/2019 16:20:42

Les apports ont été réduit et les humidités ont donc baissé. Il faut à présent se maintenir autour des 105 mm.

Rédigé par ordepi le 15/07/2019 11:55:26

Il faut laisser le sol perdre légèrement en humidité pour éviter l'excès d'eau. Les apports peuvent être réduit.

Rédigé par ordepi le 06/07/2019 12:17:34

Le temps d'irrigation peut être diminué afin de baisser les humidités sur chaque horizons.

Rédigé par ordepi le 01/07/2019 11:40:55

Maintenir les irrigations pour avoir une humidité cumulée proche des 105 mm.

Rédigé par ordepi le 01/07/2019 11:32:15

Vérifie à la tarière l'humidité du sol en profondeur.

Si le sol est séchant en profondeur, refaire un plein du sol avant la canicule jeudi.

Rédigé par ordepi le 25/06/2019 15:36:58

les irrigations ont tendances à saturer le sol en eau en surface. Les valeurs d'humidités deviennent élevées dès 5 cm. Il faudrait légèrement diminuer le temps d'apport.

Rédigé par ordepi le 24/06/2019 12:34:09

Lorsque les températures seront élevées en fin de semaine, une irrigation cumulée pourra être positionnée pour rééquilibrer l'humidité du profil.

Rédigé par ordepi le 11/06/2019 21:32:51

Garder ce rythme d'irrigation pendant quelques jours.

Les consommations devraient augmenter, puis augmenter l'irrigation jeudi ou vendredi.

Rédigé par ordepi le 04/06/2019 16:41:16

Continuer sur le même rythme d'irrigation pour cette semaine : 2 apports / jour. Les consommations vont rester élevées. Il faut rester vigilant par rapport aux humidités à 15 et 25 cm, si elles chutent trop on adaptera l'irrigation.

Rédigé par ordepi le 27/05/2019 16:31:21

Réduire le temps d'irrigation ce weekend (perturbation nuageuse).

Rédigé par ordepi le 24/05/2019 14:24:07

Laisser consommer pendant quelques jours avant de reprendre les irrigations en fin de semaine.

Rédigé par ordepi le 23/04/2019 14:59:10

## Liste des commentaires

Bonjour,

Une observation de terrain le 26/09 a montré un sol encore très humide (en surface et en profondeur : 40 cm). Les irrigations pourraient être légèrement diminuées

Rédigé par ordepi le 27/09/2019 15:21:53

Bonjour,

Depuis ce week-end les humidités ont tendances à augmenter sur les trois horizons. Les consommations sont bien moins importantes par temps couverts. La semaine s'annonce plutôt couverte avec des températures max autour de 24 à 26 °C. Les irrigations peuvent être diminuées légèrement pour éviter de gagner encore en humidité.

*Rédigé par ordepi le 23/09/2019 11:37:24*

Bonjour,

Suite à ma visite terrain le 03/09 après midi, j'ai observé un sol encore humide à très confortable, de manière plutôt homogène dans le tunnel. Il s'émiette plus facilement. Il faudrait garder cette humidité pour la fin de culture, soit une humidité cumulée au alentour de 100 mm.

*Rédigé par ordepi le 04/09/2019 10:22:39*

Bonjour,

Il semblerait que depuis un petit moment les données ont du mal à être transmises. Il faudrait vérifier si le boîtier d'envoi ne se trouve pas trop dans la végétation des poivrons. Si c'est le cas, le sortir au dessus du feuillage.

Coté humidité, attention à bien rester dans la zone de confort définie. il ne faudrait pas descendre plus afin de rester le plus stable possible en terme d'humidité.

*Rédigé par ordepi le 03/09/2019 10:20:35*

Bonjour,

L'humidité à tendance à baisser depuis ce week-end. Attention à ne pas descendre trop et maintenir une humidité la plus constante possible (entre 100 et 105 mm). Le début de semaine s'annonce plus couvert (mardi et mercredi), par contre la fin de semaine devrait être chaud et ensoleillée.

*Rédigé par ordepi le 26/08/2019 12:30:16*

Bonjour,

Depuis le 13/08, l'humidité a baissé progressivement. Même si l'observation des sols montrait une forte humidité le 13/08, il ne faut pas descendre trop bas en humidité et rester le plus stable possible autour de 100 mm.

*Rédigé par ordepi le 19/08/2019 13:42:09*

Bonjour,

L'observation des sols le 13/08 montre une humidité importante. je pense que vous pouvez baisser légèrement vos temps d'irrigation, en revanche il faut se stabiliser entre les 100 et 105 mm d'humidité cumulée.

*Rédigé par ordepi le 15/08/2019 15:55:50*

Bonjour,

Les humidités sont stables entre 100 et 105 mm. Il faut rester dans cette zone de confort mais pas descendre plus bas. Vous pouvez maintenir la même pratique de l'irrigation.

*Rédigé par ordepi le 05/08/2019 14:34:17*

Bonjour,

Les humidités sont stables entre 100 et 105 mm. Il faut rester dans cette zone de confort mais pas descendre plus bas.

*Rédigé par ordepi le 05/08/2019 14:33:25*

Bonjour,

La courbe de l'humidité cumulée est relativement stable au milieu de notre zone de confort. Cela est très bien. il faut se maintenir à ce niveau en adaptant le pilotage comme vous faites, un ou deux apports par jour. Attention, cette semaine s'annonce sèche et chaude. Il faudra adapter les irrigations en conséquence.

*Rédigé par ordepi le 29/07/2019 14:10:55*

Bonjour,

Les apports compensent les consommations avec des courbes d'humidité stable. Il faut rester à ce niveau d'humidité en maintenant vos pratiques !

*Rédigé par ordepi le 22/07/2019 16:24:46*

Bonjour,

Les humidités ont légèrement diminué depuis une semaine, la culture se situe dans une bonne zone de confort hydrique (Tensiomètres Weenat sont sur les mêmes tendances). Attention à ne pas descendre trop bas et rester au alentour des 105 mm d'humidité cumulée pour être le plus régulier possible

Rédigé par ardepi le 15/07/2019 11:54:04

Bonjour,

Au vu des humidités de sol la semaine dernière (saturation), le temps d'irrigation peut être réduit ou passer seulement à un apport par jour. Depuis samedi, les humidités baissent légèrement. Cela est bien.

Rédigé par ardepi le 06/07/2019 12:16:15

La sonde n'émet plus, je passerai Mercredi pour changer la batterie.

Rédigé par ardepi le 01/07/2019 11:31:20

L'humidité de surface progresse alors que l'humidité en profondeur est en baisse continue. Cette situation est liée au fractionnement des irrigations.

Rédigé par ardepi le 25/06/2019 15:34:54

L'humidité du sol progresse à 5 cm tandis qu'elle sont constantes à 15 et 25 cm.

Rédigé par ardepi le 24/06/2019 12:31:46

L'humidité du sol progresse à 5 cm tandis qu'elle baisse à 15 et 25 cm.

Rédigé par ardepi le 24/06/2019 12:30:51

Le capteur 25 cm marque une baisse continue sur les 2 sondes.

Le sol est en confort modéré.

Rédigé par ardepi le 11/06/2019 21:29:49

La tarière confirme un sol très humide sur le rang et confirmé sur la sonde 1 et en confort modéré au niveau de la sonde 2.

Rédigé par ardepi le 04/06/2019 16:39:24

La courbe de l'humidité cumulée est constante sur les 10 derniers jours. En revanche, dans le détail les apports font augmenter les humidités à 5 cm alors que celles ci diminuent à 15 et 25 cm. Les humidités sont très confortables, mais faut rester vigilant à la baisse des humidités en profondeur.

Rédigé par ardepi le 03/06/2019 16:34:37

Depuis le 23/05, les humidités sont constantes sur les trois horizons. Au vu de la météo annoncée pour la semaine: vent en augmentation et soleil présent, les consommations des plants vont rester élevées.

Rédigé par ardepi le 27/05/2019 16:26:32

La courbe des cumul est en hausse permanente, l'humidité est très confortable  
capteur 15 cm = 37 mm

capteur 25 cm = 36 mm.

Rédigé par ardepi le 24/05/2019 14:23:19

La visite du 14 mai a montré à la tarière un sol séchant

L'humidité sur l'ensemble du profil est en baisse jusqu'à cette date

capteur 15 cm et 25 cm sont proche de 36 et 35 mm.

La culture est poussante

Rédigé par ardepi le 24/05/2019 14:21:05

Visite ce jour: la tarière montre un sol encore très malléable, en confort hydrique pour la culture.

Les humidités sont stables entre 37 et 35,5 mm sur le profil.

Rédigé par ardepi le 23/04/2019 14:57:45

Les irrigations sont bien visibles

Les humidités progresse légèrement sur les courbes à 15 et 25 cm.

Jean-Michel, peux-tu noter les irrigations? merci.

Rédigé par ardepi le 15/04/2019 12:16:41

coef argile positionné

Rédigé par ardepi le 01/04/2019 15:57:53

## **Annexe 3**

**Bilan sonde Aprelfox\_02**

**Carotte plein champ**

**(2018 et 2019)**

# BILAN POUR LA SONDE SONDE APRELFOX\_02

## Période

Début : 25/05/2018 00:00:00

Fin : 17/09/2018 12:59:59

## Info-culture

carotte PC

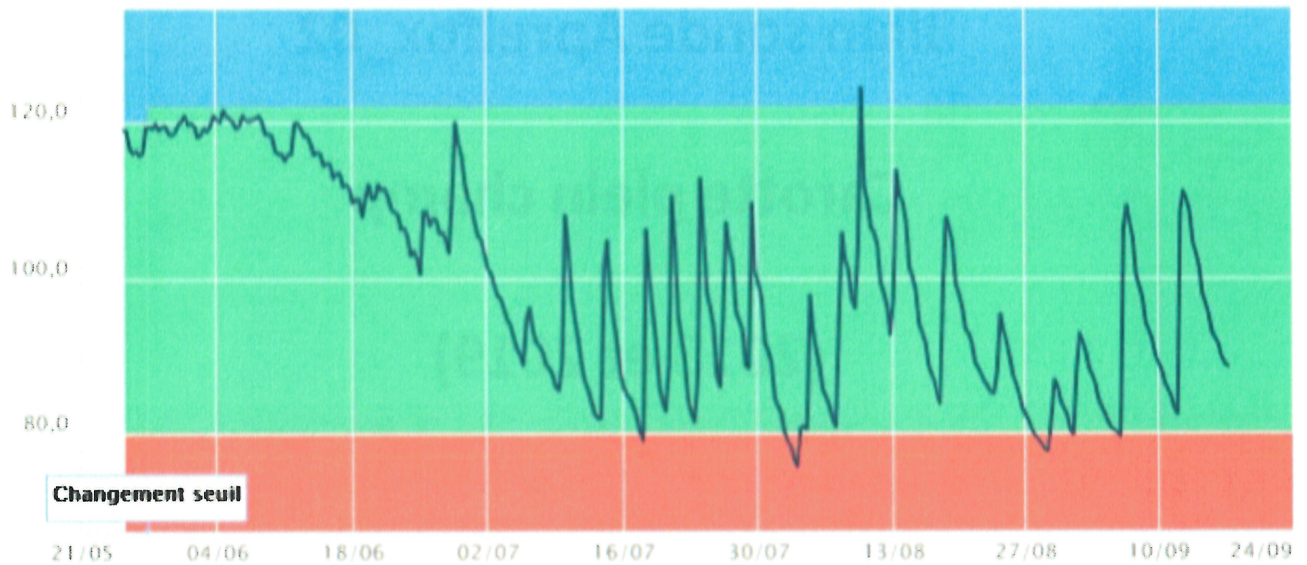
semées le 19/05/18

sol limono-sableux

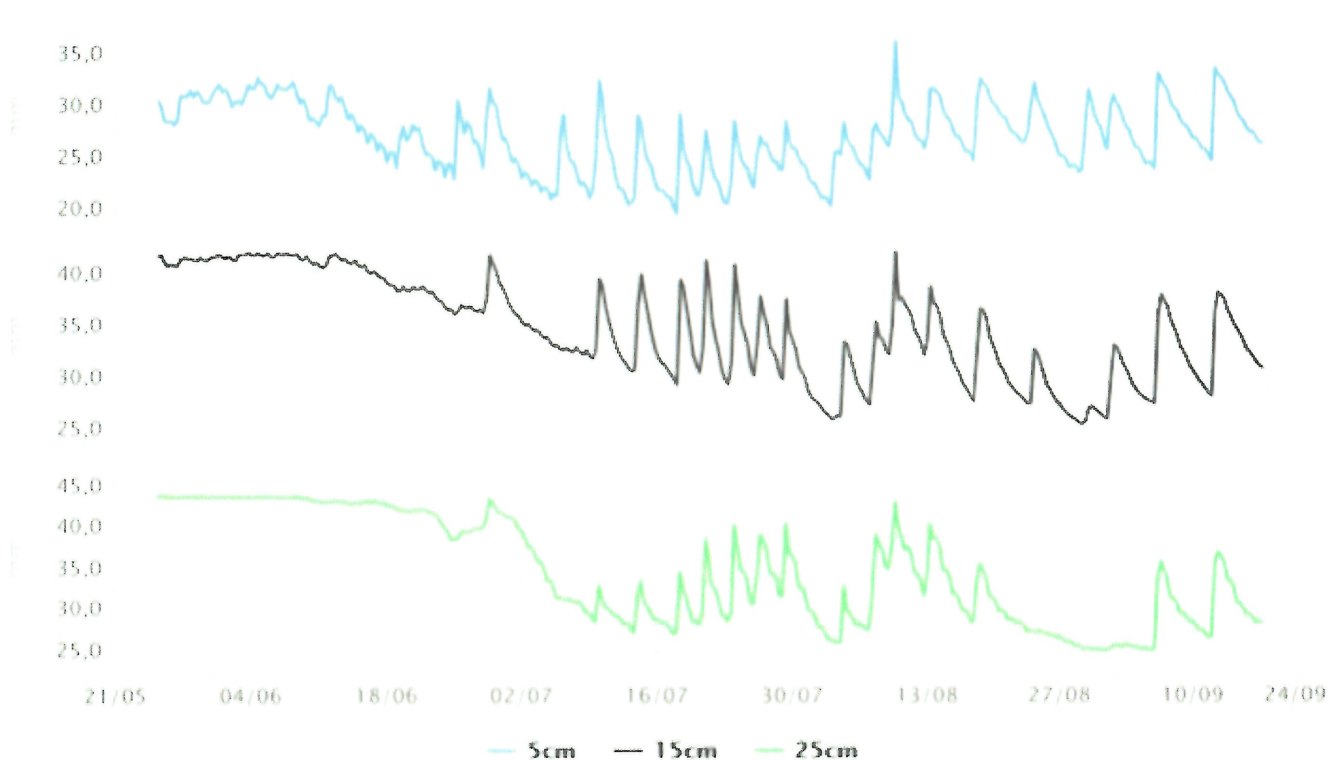
aspenseurs à batteur, pluviométrie théorique : 6 mm/h

(maillage 18 x 15 m)

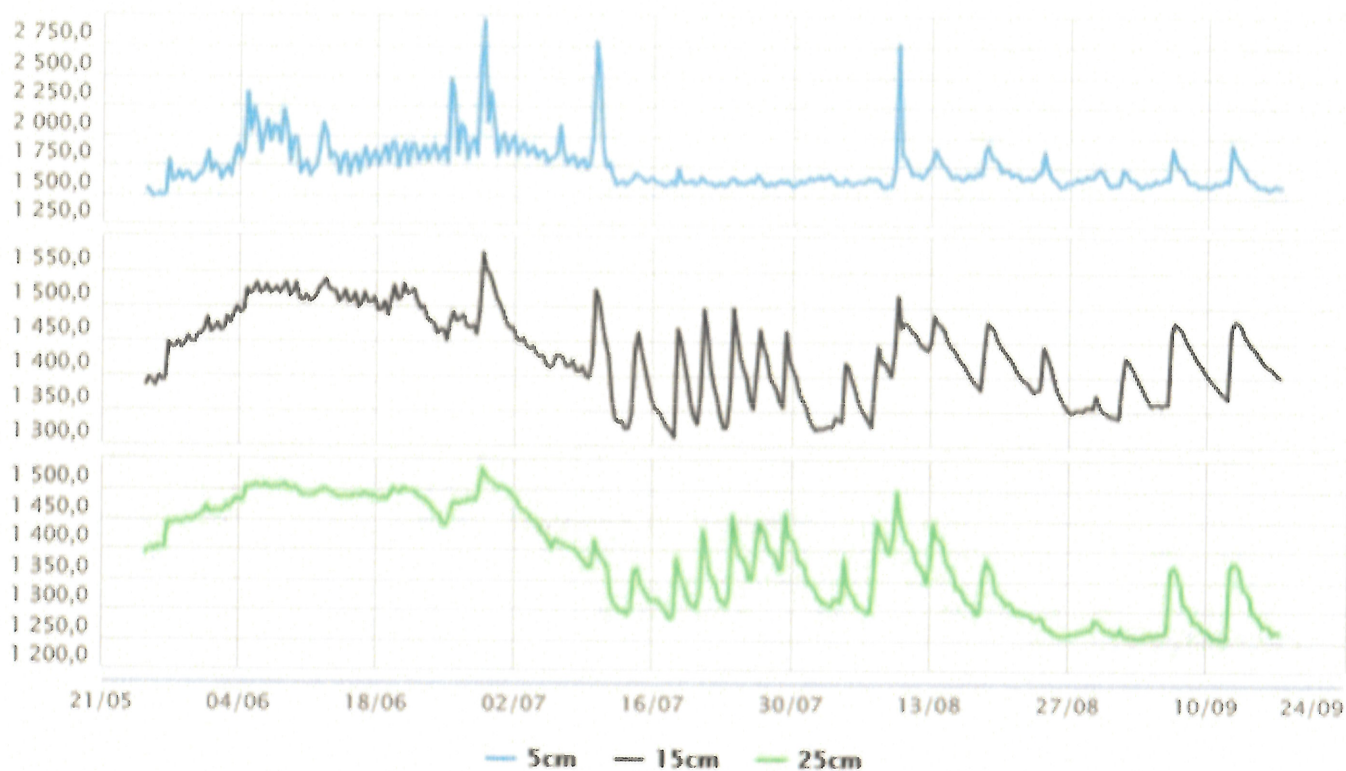
## Cumul



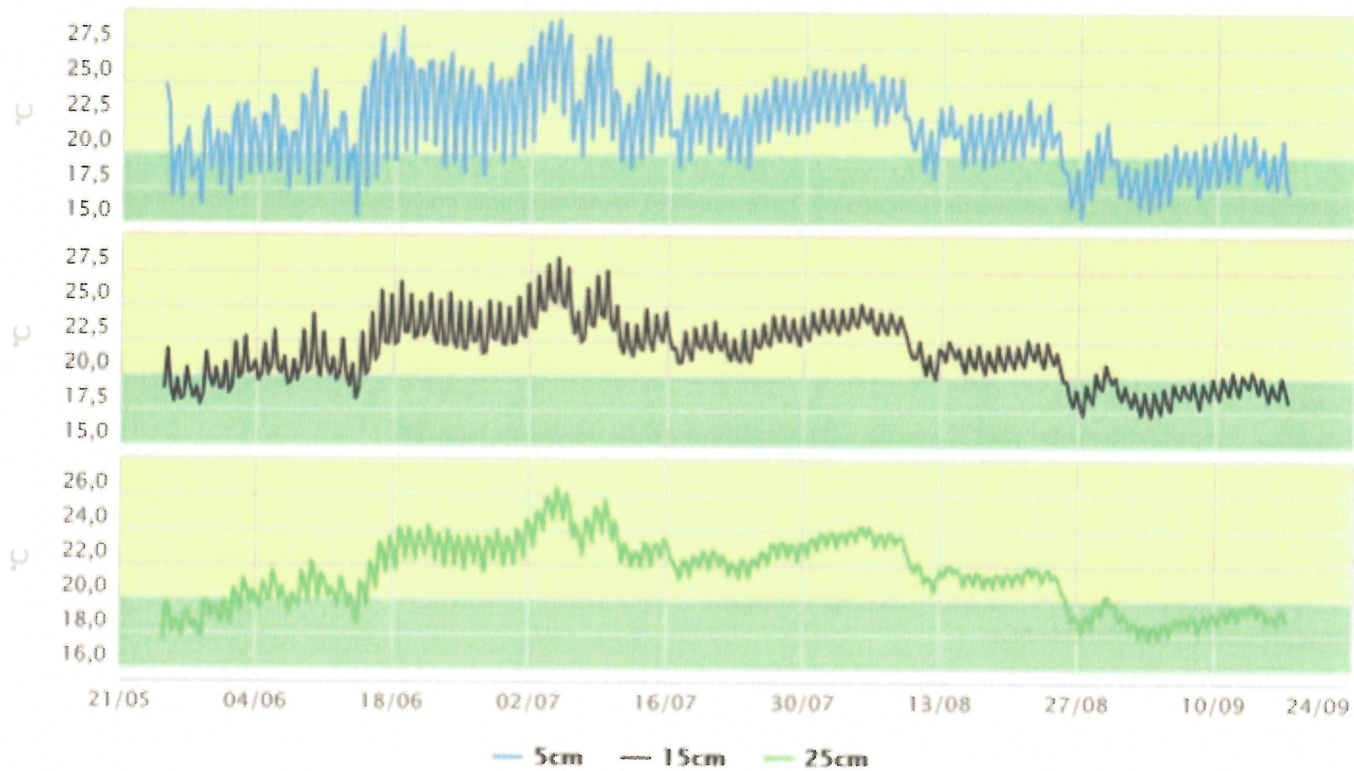
## Humidité



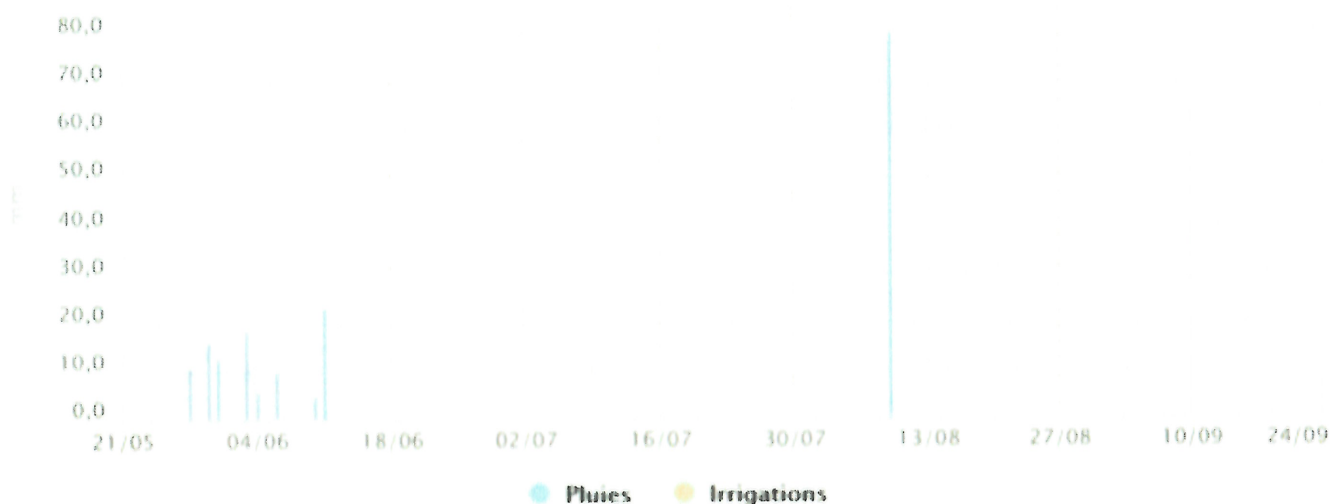
## Salinité



## Température



## Pluies et irrigations



### Liste des conseils

Les températures sont annoncées encore chaude cette semaine. Maintenir l'humidité du sol autour des 30 mm.

*Rédigé par ardepi le 27/08/2018 15:08:53*

Maintenir ce rythme d'irrigation, les chaleurs sont toujours prévues élevées pour la semaine.

*Rédigé par ardepi le 31/07/2018 15:45:02*

Les températures sont élevées et en augmentation encore la semaine prochaine.

Les irrigations peuvent être plus fréquente afin de maintenir le niveau d'humidité sur les capteurs 15 et 25 cm proche de 32 mm.

*Rédigé par ardepi le 26/07/2018 14:29:35*

Si le temps reste chaud et peu ventée, des irrigations régulières seront nécessaires pour maintenir le confort hydrique entre 30 et 34 mm.

*Rédigé par ardepi le 17/07/2018 11:23:20*

Du mistral est annoncé jeudi et vendredi, une irrigation peut être déclenchée dès demain afin de maintenir les horizons de surface en confort.

L'irrigation comprise entre 12 et 18 mm devrait permettre de garder une bonne humidité.

*Rédigé par ardepi le 03/07/2018 13:46:24*

Pour maintenir l'horizon de surface en confort en limitant les saturations profondes, la dose doit être légèrement réduite.

L'uniformité d'irrigation est à vérifiée sur un maillage 15x18m.

*Rédigé par ardepi le 29/06/2018 21:24:20*

La pratique est bien raisonnée, maintenir l'humidité à 15 cm en confort.

*Rédigé par ardepi le 25/06/2018 14:01:52*

Les irrigations devront maintenir le confort de surface, l'humidité à 15 cm est encore très élevée.

*Rédigé par ardepi le 19/06/2018 13:10:08*

Des pluies orageuses sont annoncées ce début de semaine, Ce qui est favorable a la germination de la semence.

Les courbes seront à surveiller pour le déclenchement des irrigations possible en fin de semaine.

Rédigé par ardepi le 28/05/2018 10:27:33

## Liste des commentaires

L'humidité du sol est en baisse, elle est très modérée à séchante.

Rédigé par ardepi le 27/08/2018 15:06:30

Les humidités sont plus confortables depuis les 3 dernières irrigations. On voit bien les marches de consommation sur le capteur 25 cm.

Rédigé par ardepi le 31/07/2018 15:43:34

A 15 et 25 cm l'humidité est actuellement confortable (35 mm). Les irrigations interviennent à temps, à la limite du confort bien réduit.

La dernière irrigation du lundi 23 juillet a été efficace, elle permet de voir les marches de consommation de jours et la stabilisation de la courbe de nuit.

Ces marches montrent un bon niveau d'humidité du sol.

Rédigé par ardepi le 25/07/2018 10:27:50

Les humidités sont proches de 30 mm sur les horizons 15 et 25 cm, ce qui représente un confort modéré.

Les deux dernières irrigations ont été bien choisies et ont influencé modérément le capteur 25 cm.

Rédigé par ardepi le 17/07/2018 11:20:10

Le confort se réduit rapidement en profondeur (4mm/jour de conso à 25cm), le dernier apport d'eau n'a rechargé que le premier horizon.

Rédigé par ardepi le 09/07/2018 15:25:15

L'irrigation du jeudi 28 juin a permis de refaire le plein du sol. En revanche, la dose a été trop importante puisque le capteur à 25 cm indique un pique important et une humidité de plus de 40 mm. Cette situation a pu engendrer un lessivage de l'azote.

A ce jour, les humidités sont confortables, elles sont comprises entre 35 et 38 mm sur les capteur 15 et 25 cm.

Rédigé par ardepi le 03/07/2018 13:39:30

L'irrigation de jeudi 28 juin a fortement augmenté les humidités jusqu'en profondeur.

Les capteurs 15 cm et 25 cm montrent un pique important et une humidité supérieure à 40 mm. Il y a saturation en profondeur et un lessivage possible.

Rédigé par ardepi le 29/06/2018 21:19:46

Samedi le capteur 25 cm enregistre pour la première fois une consommation de l'eau, elle se traduit par une chute significative de l'humidité.

L'irrigation déclenchée ce lundi 25 juin marque le capteur 5 cm, et stabilise les humidités en profondeur.

Le capteur à 15 cm montre le confort pour la culture, celui à 25 cm une situation encore très humide.

Rédigé par ardepi le 25/06/2018 13:58:49

L'irrigation a été déclenchée ce jour, le vent a chuté, ce qui permet le déclenchement des irrigations par aspersion.

Le capteur 5 cm enregistre une humidité de 24 mm avant déclenchement, ce qui représente un sol séchant.

Le capteur 15 cm montre un niveau d'humidité toujours très haut à 39 mm.

Rédigé par ardepi le 19/06/2018 13:08:05

L'humidité diminue depuis ces quatre derniers jours sur les trois horizons mais à 15 et 25 cm on ne descend toujours pas en dessous des 40 mm.

Rédigé par ardepi le 11/06/2018 16:51:58

Les humidités sont élevées, liées aux pluies du mois de mai.

Les capteurs 15 et 25 cm marquent une saturation en eau du sol (humidité + 40 mm).

Rédigé par ardepi le 28/05/2018 10:25:17

# BILAN POUR LA SONDE SONDE APRELFOX\_02

## Période

Début : 10/06/2019 00:00:00

Fin : 17/10/2019 23:59:59

## Info-culture

2019 : carotte plein champs

Semées le 04/06/2019

Sol limono-sableux

Pose de la sonde le 12/06/2019 (sol saturé) : à 5 buttes de la canalisation (3m) et 7 m de l'asperseur

Asperseur à batteur (maillage 18 \* 15 m)

Pluviométrie théorique = 6 mm / h

Irrigation initiale : 2 fois 1h /jour depuis le 05/06 (sauf le 12/06)

2018 : carotte PC

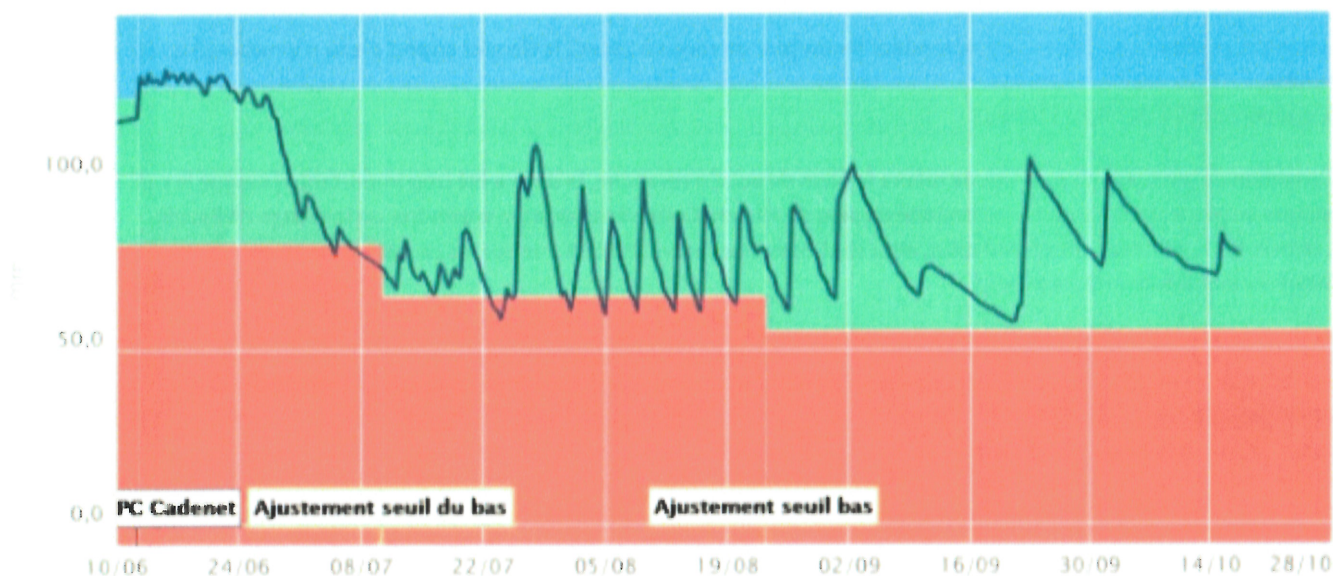
semées le 19/05/18

sol limono-sableux

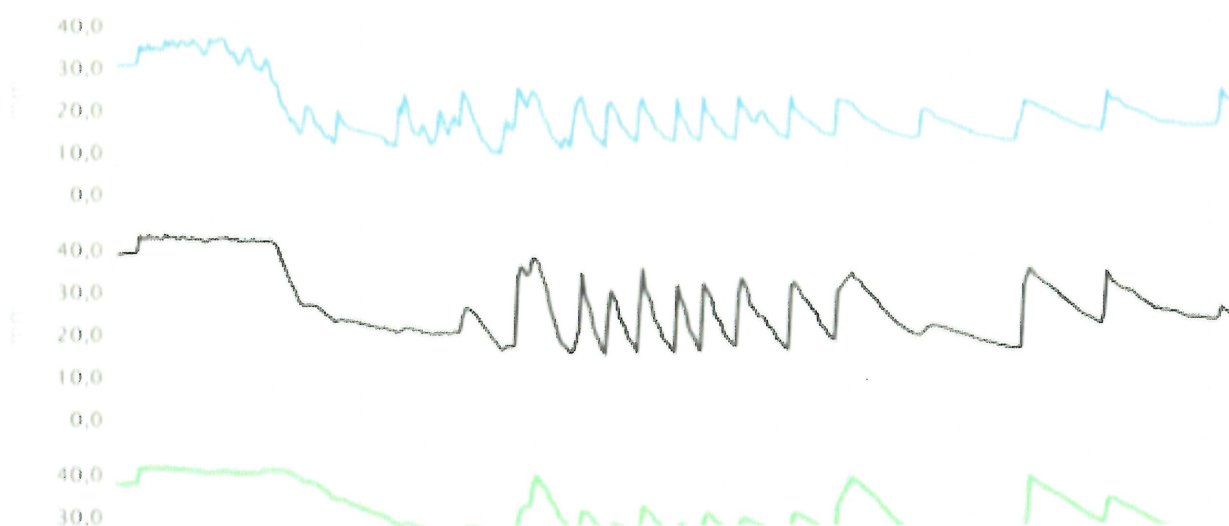
asperseurs à batteur, pluviométrie théorique : 6 mm/h

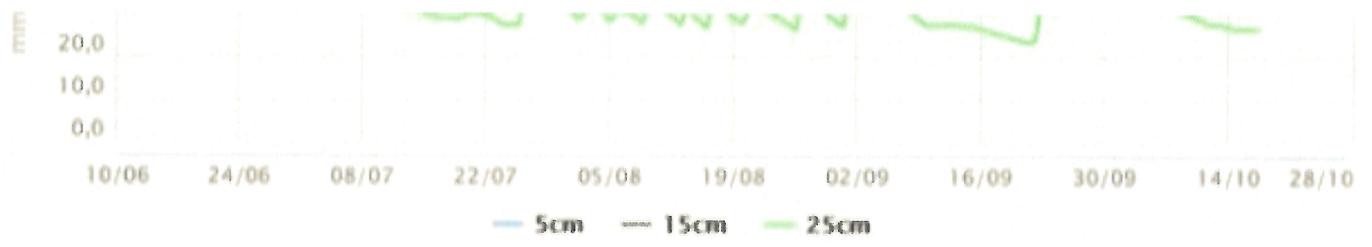
(maillage 18 x 15 m)

## Cumul

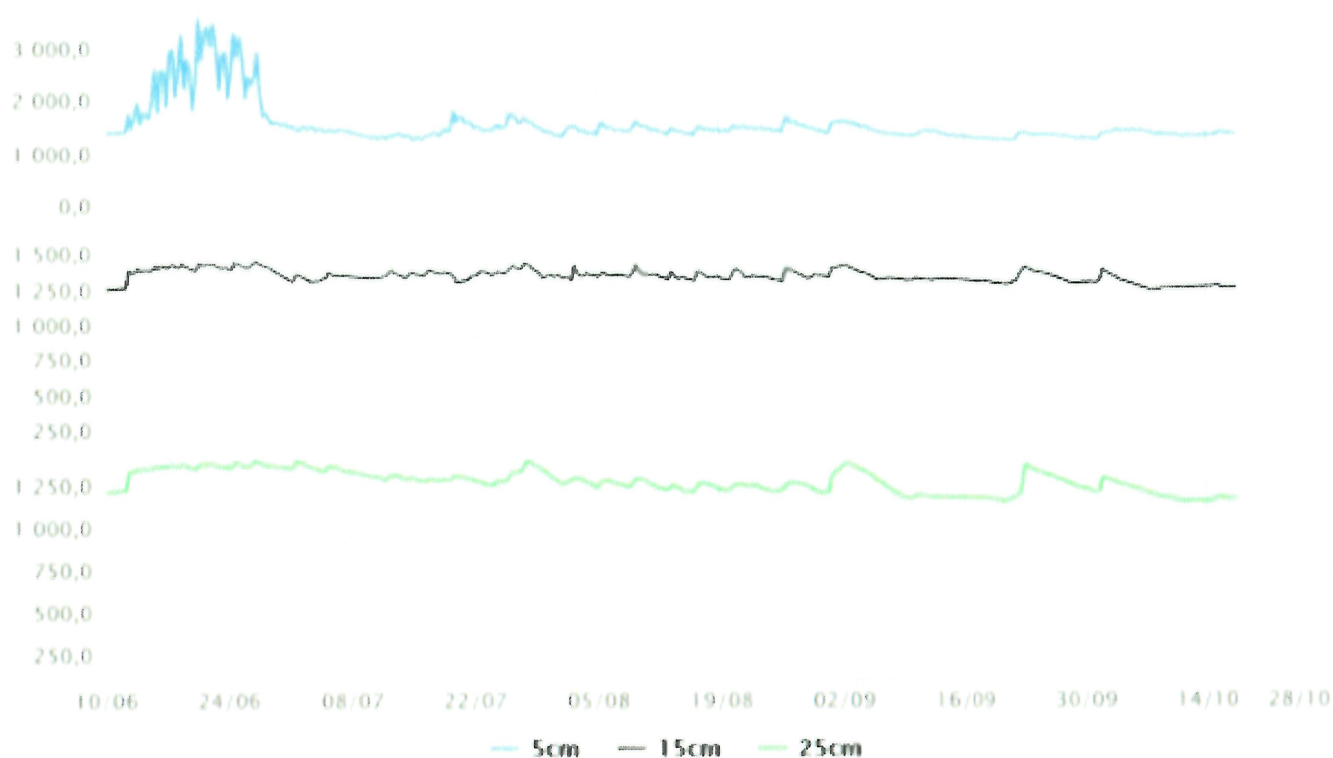


## Humidité

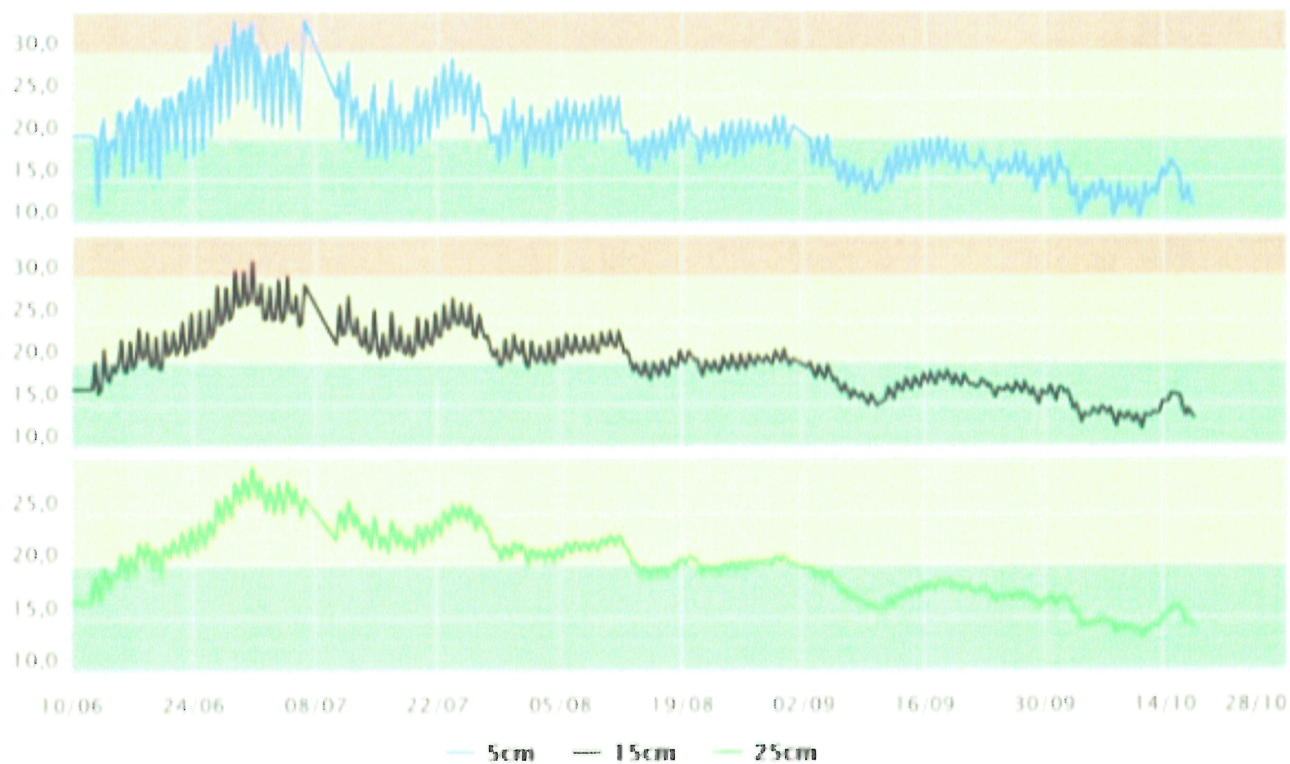




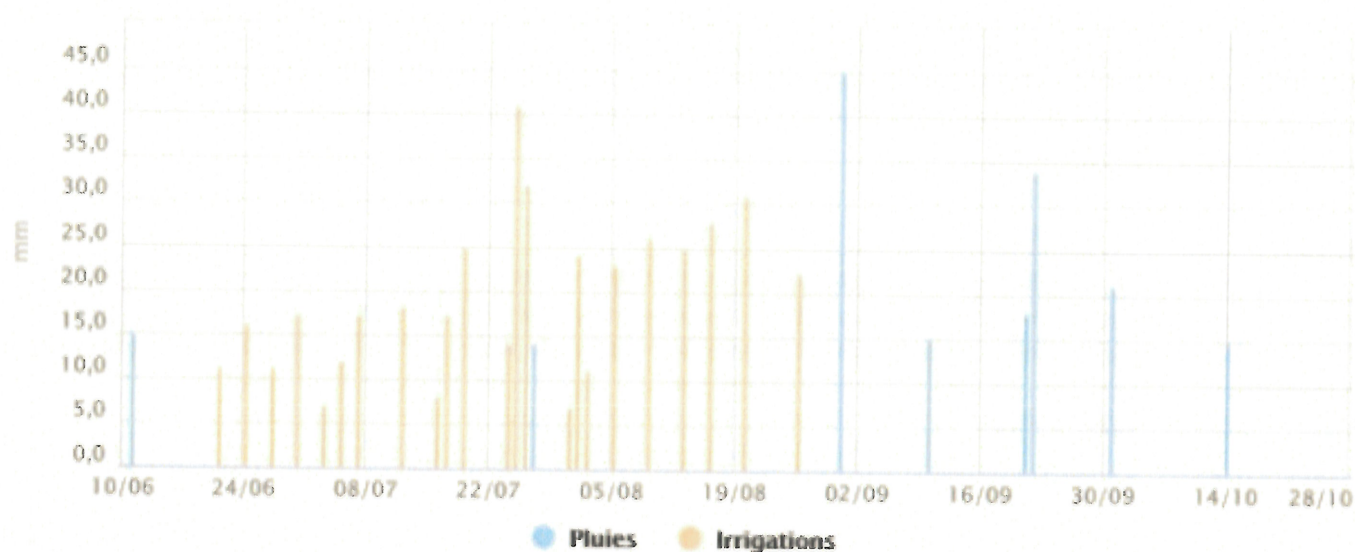
### Salinité



### Température



## Pluies et irrigations



### Liste des conseils

Bonjour,

Suite aux pluies du week-end dernier, les humidités restent encore élevées à 30 cm. L'irrigation n'est pas d'actualité, il faut laisser le sol se ressuyer.

Rédigé par ardepi le 30/09/2019 09:52:00

Bonjour,

les pluies du week-end ont été assez conséquente pour faire réagir l'humidité à 30 cm. Les valeurs sont élevées en profondeur avec des humidités supérieurs à 40 mm. L'irrigation n'est pas d'actualité.

Rédigé par ardepi le 25/09/2019 14:37:24

Bonjour,

Suite à l'observation des humidités (confortable à séchant) un apport d'eau pourrait être utile le jeudi 19/09 (2h à 2h30) afin de ramener de l'humidité sur tous le profil. Puis, on pourra attendre les pluies annoncées le dimanche 22 et lundi 23/09.

Rédigé par ardepi le 17/09/2019 11:42:42

Bonjour,

Au vu des consommations (-2 mm/j) et au vu des humidités encore confortables, le prochain apport peut avoir lieu que la semaine prochaine (mardi ou mercredi). A surveiller selon la réaction des courbes. Pour le temps d'irrigation, 3h est suffisant. Pour la suite, il faut continuer sur un rythme moyen de 1 apport / semaine (sans pluie).

Rédigé par ardepi le 13/09/2019 16:54:22

Bonjour,

Des pluies sont attendues pour la journée du 10/09, ne pas déclencher l'irrigation aujourd'hui et attendre de voir les cumuls de précipitation.

Rédigé par ardepi le 09/09/2019 10:24:34

Bonjour,

Suite à l'orage de samedi, les humidités ont fortement augmenté. Par contre il y a eu un problème dans la transmission des données. A présent on obtient bien les données mais faut rester vigilant si cela recommence. L'irrigation n'est pas d'actualité suite à cet épisode pluvieux.

Rédigé par ardepi le 02/09/2019 17:16:49

Bonjour,

A présent, et vu la capacité du sol à retenir bien l'eau suite à un apport, vous pouvez passer à 1 irrigation par semaine. Pour le temps : 3h30 à 4h devrait être bon pour recharger le sol en profondeur ( $3.5 \text{ h} * 6 \text{ mm/h} = 20 \text{ mm d'eau / semaine}$ ). Vous pouvez toujours vous fier aux courbes. On observe très bien les jours de beau temps (29/08) où la culture à prélevée plus (marche d'escalier plus grande). Le seuil rouge est plutôt bien calé. Le temps ce week-end s'annonce couvert (et risque de pluie), les consommations vont être faibles. La prochaine irrigation peut être faite le lundi 02/09 ou même le mardi 03/09 selon la réaction des courbes d'humidités.

*Rédigé par ardepi le 30/08/2019 11:31:58*

Bonjour,

Le seuil de la zone de contrainte hydrique à été descendu au vu de l'humidité du sol que j'observe. Pour l'irrigation, il est préférable de maintenir un apport tous les 3 à 4 jours afin de laisser le sol se ressuyer et éviter les pourritures. Il serait mieux de passer à 3h d'irrigation et que lorsque la zone rouge est quasiment atteinte. Ainsi le prochain apport peut se faire dès à présent afin de recharger le sol en eau.

*Rédigé par ardepi le 26/08/2019 11:56:28*

Bonjour,

Suite à une observation de la parcelle avec Laurence G, des signes de pourriture apparaissent sur la partie la plus hydromorphe de la parcelle (bout de ligne). Cependant le pilotage semble bon pour la partie séchante de la parcelle. Vous pouvez tout de même essayer de réduire les apports en faisant plus d'irrigation mais en réduisant le temps d'apport : passer alors de  $2*4\text{h}$  à  $3*2\text{h}$  / semaine. Attention ! à moduler selon le temps et les consommations en eau des carottes (voir les courbes de la sonde).

*Rédigé par ardepi le 20/08/2019 19:07:24*

Bonjour,

La pratique d'irrigation semble bonne, un apport tous les 3 ou 4 jours permet de recharger l'horizon 20-30 cm. Attention cependant à ne pas perdre trop d'humidité et rester dans la zone de confort hydrique. Un prochain apport doit être rapidement fait afin de faire remonter les humidités.

Vous pouvez maintenir le même temps d'irrigation, 4h à 4.5 h d'apport.

*Rédigé par ardepi le 19/08/2019 12:20:21*

Bonjour,

La pratique d'irrigation semble bonne, un apport tous les 3 ou 4 jours permet de recharger l'horizon 20-30 cm. Attention cependant à ne pas perdre trop d'humidité et rester dans la zone de confort hydrique. Un prochain apport doit être rapidement fait afin de faire remonter les humidités.

Vous pouvez maintenir le même temps d'irrigation.

*Rédigé par ardepi le 12/08/2019 11:21:33*

Bonjour,

La pratique de l'irrigation semble cohérente avec un apport 3 jours après l'irrigation du 02/08. Au niveau du temps d'irrigation il faut continuer ainsi car les horizons profonds sont bien rechargés.

*Rédigé par ardepi le 05/08/2019 15:02:20*

Bonjour,

Les derniers apports et la pluie ont permis de recharger le sol en profondeur. Cela est très bien car le sol s'asséchait de manière continue à 25 cm. La prochaine irrigation pourra avoir lieu en milieu ou fin de semaine car aucune pluie n'est annoncée. A surveiller selon l'évolution des humidités.

*Rédigé par ardepi le 29/07/2019 13:52:22*

Bonjour,

Il faudrait faire de nouveau un apport important demain ou très prochainement afin de recharger l'horizon 15 et 25 cm. Il faut apporter de l'eau plus bas que 0-10 cm.

*Rédigé par ardepi le 22/07/2019 16:14:50*

Bonjour,

Il faut augmenter le temps d'irrigation pour regagner en humidité à 15 cm (et 25 cm).

Rédigé par ardepi le 15/07/2019 12:10:39

Bonjour,

Les apports doivent être plus long pour recharger le sol à 15 et 25 cm. Pour le moment ce n'est pas le cas. Vous pouvez passer à 2h30 d'irrigation minimum.

Rédigé par ardepi le 12/07/2019 11:51:55

La dernière irrigation n'a pas permis d'alimenter en eau l'horizon 15 cm. Il faut faire des apports plus long pour humidifier cet horizon.

Rédigé par ardepi le 08/07/2019 12:23:51

Une irrigation tous les deux jours (1h30) permettrait de maintenir une humidité confortable à 15-20 cm pour forcer les carottes à descendre.

Rédigé par ardepi le 01/07/2019 11:46:06

Une irrigation quotidienne de 45 min peut être suffisante. Cela permet de maintenir les premiers cm de sol humide pour le développement des carottes.

Rédigé par ardepi le 24/06/2019 12:14:41

Le sol présente une humidité très forte sur les trois horizons. Le temps d'irrigation peut être diminué : 2 apports par jour de 45 min par exemple (voir deux fois 30 min).

Rédigé par ardepi le 14/06/2019 16:30:10

Au vu de l'humidité du sol, les irrigations quotidiennes peuvent reprendre le 13/06 ou même rien que le 14/06.

Rédigé par ardepi le 12/06/2019 16:40:35

## Liste des commentaires

Bonjour,

Suite aux pluies du week-end dernier, les humidités restent encore élevées à 30 cm. L'irrigation n'est pas d'actualité, il faut laisser le sol se ressuyer.

Rédigé par ardepi le 30/09/2019 09:51:43

Bonjour,

les pluies du week-end ont été assez conséquente pour faire réagir l'humidité à 30 cm. Les valeurs sont élevées en profondeur avec des humidités supérieurs à 40 mm.

Rédigé par ardepi le 23/09/2019 10:46:17

Bonjour,

Suite à notre point terrain du 17/09, on s'aperçoit que le sol présente encore une humidité confortable dans l'ensemble. Des zones plus humides sont présentes (bout de parcelle à l'Ouest et partie Nord). Les carottes sont belles dans l'ensemble.

Rédigé par ardepi le 17/09/2019 11:35:05

Bonjour,

Au vu des consommations (-2 mm/j) et au vu des humidités encore confortables, le prochain apport peut avoir lieu que la semaine prochaine (mardi ou mercredi). A surveiller selon la réaction des courbes. Pour le temps d'irrigation, 3h est suffisant. Pour la suite, il faut continuer sur un rythme moyen de 1 apport / semaine (sans pluie).

Rédigé par ardepi le 13/09/2019 16:54:11

Bonjour,

Suite au dernier orage du samedi 31 aout, les carottes ont continué à prélever l'eau sur l'horizon 15 et 25 cm (-4 à -5 mm/j en

oxygénée). La pluie de vendredi devrait recharger le sol, sans précipitation, un prochain apport pourrait être fait en fin de semaine.  
*Rédigé par ardepi le 09/09/2019 10:28:31*

Bonjour,  
Suite à l'orage de Samedi, les données d'humidité ne sont pas cohérentes. C'est peut être un problème de l'interface ou un souci dans la transmission des données. A voir par la suite. Dans tous les cas, se maintenir à une irrigation par semaine. Surtout si l'apport de samedi est conséquent.  
*Rédigé par ardepi le 02/09/2019 17:00:05*

Bonjour,  
Suite à l'irrigation de Samedi, les données d'humidité ne sont pas cohérentes. C'est peut être un problème de l'interface ou un souci dans la transmission des données. A voir par la suite. Dans tous les cas, se maintenir à une irrigation par semaine. Surtout si l'apport de samedi est conséquent.  
*Rédigé par ardepi le 02/09/2019 16:55:09*

Bonjour,  
Suite à une observation de la parcelle le 29/08 avec Laurence G, je me suis aperçu que le sol présente encore une très bonne humidité suite à l'irrigation du lundi 26/08. C'est plutôt homogène sur toute la parcelle même si des zones de saturation sont présente en bout de ligne. Coté culture, les carottes sont belles dans l'ensemble même si quelques signes de pourriture sont présents par endroit.  
*Rédigé par ardepi le 30/08/2019 11:19:15*

Bonjour,  
Une irrigation est à prévoir afin de recharger le sol sur tout le profil, en effet la zone rouge commence à être atteinte. Un apport de 3h peut être suffisant.  
*Rédigé par ardepi le 26/08/2019 12:04:34*

Bonjour,  
Le seuil de la zone de contrainte hydrique à été descendu au vu de l'humidité du sol que j'observe. Pour l'irrigation, il est préférable de maintenir un apport tous les 3 à 4 jours afin de laisser le sol se ressuyer et éviter les pourritures. Il serait mieux de passer à 3h d'irrigation et que lorsque la zone rouge est quasiment atteinte. Ainsi le prochain apport peut se faire que dimanche ou lundi. Nicolas  
*Rédigé par ardepi le 23/08/2019 14:10:57*

Bonjour,  
Les derniers apports (du 13 et 16/08) ont permis de recharger à chaque fois l'horizon 30 cm. Les irrigations sont déclenchées au moment où l'humidité devient critique (zone rouge), ce qui est une bonne chose pour l'optimisation des apports. Par contre, vous pourrait peut être vous donner une marge de sécurité et déclencher les apports avant cette zone rouge.  
*Rédigé par ardepi le 19/08/2019 12:18:57*

Bonjour,  
Les derniers apports (du 5 et 9/08) ont permis de recharger à chaque fois l'horizon 30 cm. Les irrigations sont déclenchées au moment où l'humidité devient critique (zone rouge), ce qui est une bonne chose. Par contre, vous pourrait peut être vous donner une marge de sécurité et déclencher les apports avant cette zone rouge.  
*Rédigé par ardepi le 12/08/2019 11:07:35*

Bonjour,  
Suite à l'irrigation du 02/08, les consommations ont été importantes à 15 et 25 cm de profondeur. L'irrigation du 05/08 a été déclenché au bon moment car le niveau de contrainte hydrique été atteint. Il faudra être vigilant au faite que l'apport permet bien de recharger l'horizon 20-30 cm.  
*Rédigé par ardepi le 05/08/2019 14:57:19*

Bonjour,  
L'irrigation du 26/07 a permis de recharger le sol en profondeur. Cela est une bonne chose car l'horizon 25 cm perdait de l'humidité de manière continue. A présent il faudra veiller à maintenir l'humidité cumulé au milieu de la zone de confort en s'assurant que les irrigations recharge le sol en profondeur.  
*Rédigé par ardepi le 29/07/2019 13:40:47*

Bonjour,  
L'irrigation du 19/07 a permis de recharger le sol jusqu'à l'horizon 15 cm. Cela est une bonne chose. En revanche, l'humidité chute de manière importante à cette profondeur (24 mm le 22/07). Il faudra de nouveau faire un apport prochainement pour recharger cet horizon. Par contre, plus en profondeur, les irrigations n'y parviennent toujours pas.

Rédigé par ardepi le 22/07/2019 16:12:44

Bonjour,

Les derniers apports d'eau non toujours pas recharger le sol sur les horizons 10-20 cm et 20-30 cm. Les humidités continuent de baisser à ces profondeurs (22 mm à 15 cm est très faible). Il faut faire des irrigations plus longues afin d'humidifier en profondeur.

Rédigé par ardepi le 15/07/2019 12:00:33

Bonjour,

La dernière irrigation du 12/07 a permis de bien alimenter en eau le premier horizon de sol (0-10cm). Par contre l'apport n'a pas été suffisant pour recharger à 15 et 25 cm. Or les humidités commencent à être faibles à ces deux profondeurs. Il faut faire un apport plus long prochainement.

Rédigé par ardepi le 12/07/2019 11:33:38

Bonjour,

La sonde émet de nouveau. Coté sol, l'humidité est moyenne de 0 à 20cm, mais il reste encore de l'eau disponible. Le seuil de stress hydrique est plus bas.

Rédigé par ardepi le 10/07/2019 12:17:16

Bonjour,

La sonde n'émet plus depuis le 06/07, la batterie est neuve pourtant. A vérifier sur le terrain l'état de la sonde.

Rédigé par ardepi le 08/07/2019 12:21:59

L'arrêt de l'irrigation durant le week-end a fait chuter les humidités à 5 et 15cm. l'irrigation doit être relancée aujourd'hui afin de réalimenter en eau l'horizon 10-20 cm. à 25-30 cm, le sol est encore bien pourvu en eau.

Rédigé par ardepi le 01/07/2019 11:43:58

Dernièrement les humidités ont baissé essentiellement à 5 cm (assèchement de la surface). La culture est encore jeune et il est important de maintenir de l'humidité sur les premiers cm de sol. En revanche, en profondeur on retrouve beaucoup de confort avec des valeurs supérieures à 40 mm. La semaine s'annonce très chaude. Il faudra réaliser des apports réguliers pour maintenir l'humidité en surface sans recharger inutilement la profondeur (plus faible en durée).

Rédigé par ardepi le 24/06/2019 12:13:06

Depuis la pose de la sonde, on remarque que les humidités restent très élevées. Les apports du 12, 13 et 14/06 (1 ou 2 irrigations ?) ont encore rechargé le sol en eau.

Rédigé par ardepi le 14/06/2019 16:25:13

Depuis la pose de la sonde, on remarque que les humidités restent très élevées. Les apports du 12, 13 et 14/06 (1 ou 2 irrigations) ont encore rechargé le sol en eau.

Rédigé par ardepi le 14/06/2019 16:24:58

Lors de la pose de la sonde le 12/06/2019, le sol était très humide (pluie le 11/06 = 15 mm).

Rédigé par ardepi le 12/06/2019 18:38:21

