



FERTINNOWA

Optimisation de la fertilisation et de l'irrigation

2017



Elodie Derivry, Claire Goillon, APREL – Benjamin Gard, CTIFL/APREL – Isabelle Boyer, ARDEPI
Essai réalisé dans le cadre du projet FERTINNOWA

1 – Thème de l'essai

Le projet Fertinnowa rassemble 23 partenaires (stations expérimentales, universités, instituts consulaires et entreprises privées) issus de 9 pays européens et de l'Afrique du Sud. Ayant débuté en 2016 ce projet s'étend sur 3 ans. Le projet s'articule autour de 3 axes principaux :

- Rassembler les connaissances et les données existantes de la situation actuelle auprès des producteurs et évaluer les besoins et les freins à la mise en place de pratiques et technologies innovantes.
- Echanger entre partenaires l'intérêt de différentes technologies utilisées et partager les connaissances.
- Organiser des démonstrations de nouvelles méthodes et les rendre accessibles aux producteurs et professionnels de la filière.

2 – But de l'essai

L'objectif de l'essai est de démontrer l'intérêt de nouveaux outils de pilotage de la fertilisation et de l'irrigation en culture maraîchère sous abri. Sur la base de méthodes déjà éprouvées comme la tensiométrie, le suivi des nitrates dans le sol (Nitratests) et dans la plante (PILazo®), le travail s'enrichit de nouvelles pistes de gestion de la fertirrigation. La parcelle expérimentale est équipée de sondes capacitives connectées pour le pilotage de l'irrigation et de bougies poreuses (lysimètres) pour l'extraction de la solution du sol et l'analyse régulière des éléments nutritifs. Des analyses de sève complètes sont également réalisées au cours de la culture pour suivre l'état nutritif des plantes. L'objectif est de développer des indicateurs pertinents pour une conduite de culture en adéquation avec les besoins des plantes et le respect de l'environnement. Ces nouveaux outils sont testés en s'appuyant sur les références des partenaires du projet FERTINNOWA (Espagne notamment).

3 – Facteurs et modalités étudiés

Dans le cadre de l'essai, une seule modalité est étudiée : la conduite de fertilisation et d'irrigation du producteur, accompagnée par les outils d'aide à la décision.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Site d'implantation

La parcelle suivie est sur l'exploitation de M. Brès à St Rémy de Provence (13).

Parcelle : Tunnel 8m orienté Nord/Sud (800m²)

Précédent salade, tomate

Données culturales :

Espèce	Tomate
Variété	Margold (Gautier) greffée sur Maxifort (De Ruitter)
Densité, dispositif	2 têtes/m ² 2 doubles rangs + 2 rangs simples
Palissage	incliné
Plantation	4 avril 2017
Début de récolte	mi-juin 2017
Fin de récolte	fin septembre 2017
Blanchiment	fin mai 2017

Type de sol : Sol texture moyenne de limon sablo-argileux (13.7 % d'argile, 38.2% de limons fins, 19.4 % de limons grossiers, 22.8% de sables fins, 5.9% de sables grossiers). Densité apparente de 1,5 g/cm³

Pratiques de fertirrigation

Un apport d'amendement organique Vegethumus a été réalisé à la dose de 4 t/ha.

L'irrigation est enclenchée à la plantation pour mettre les mottes dans des bonnes conditions de reprise avec les goutteurs sur la ligne de plantation. Les goutteurs sont ensuite éloignés de 15-20 cm des mottes. L'arrosage n'est réalisé qu'après 2 semaines au rythme de 30 min par semaine environ. La fréquence d'arrosage est augmentée au fur et à mesure de la croissance des plants.

La fertilisation au goutte à goutte est initiée entre le stade floraison du 5^e et du 6^e bouquet avec un mélange d'engrais complets solides de type 8-10-40 et 15-10-30 à raison d'environ 10 unités d'azote par semaine.

4.2 – Observations et mesures

- Observation des plantes, suivi cultural tous les 15 jours
- Analyse des teneurs en azote dans le jus pétioleaire selon la méthode Pilazo : l'analyse est réalisée une fois par semaine sur 15 pétioles de jeunes feuilles adultes réparties sur la culture. Se reporter aux fiches APREL pour le protocole détaillé.
- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Nitratest : l'analyse est réalisée une fois par semaine sur 15 prélèvements de sols répartie sur la parcelle. Se reporter aux fiches APREL pour le protocole détaillé.
- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Lysimètre : 10 lysimètres (bougies poreuses collectrices de solution de sol) sont disposés dans la parcelle. La solution de sol est récupérée 1 fois par semaine, après avoir réalisé le vide d'air. Les nitrates de la solution sont analysés par la méthode Nitratest.
- Analyse de sève pour les principaux macro- et micronutriments : ces analyses sont réalisées à la fois sur des folioles de jeunes feuilles adultes et des folioles de feuilles plus âgées mais non sénescentes et ont été sous-traitées à un laboratoire spécialisé, Nova Crop Control.
- Notations du producteur : quantité et type d'engrais, EC d'apport, rendement
- Suivi du statut hydrique de la culture à l'aide de deux types de sondes : sonde Capacitive Sentek (les mesures sont prises à trois profondeurs : 5, 15 et 25cm) et sondes tensiométriques Monitor (3 sondes sont positionnées à 25 cm et 3 à 40 cm).

4.3 – Traitement statistique

Les données obtenues dans le cadre de ce suivi ne permettent pas d'analyse statistique

5– Résultats

5.1 – Suivi cultural

Culture plutôt hétérogène et végétative après plantation. Les conditions froides, humides et peu ensoleillées fin avril n'ont pas été favorables au démarrage des plants. Fin mai, on note de légères nécroses en bout de pétiole sur les jeunes feuilles, qui semblent être dues à un léger stress de la plante et des conditions météorologiques compliquées. Mi-juin, au démarrage de la récolte, la culture est plus homogène, mais moyennement vigoureuse, les nécroses marginales ne sont plus marquées. L'ensemble de la culture s'est bien passée et le bilan du producteur est positif vis-à-vis de la production.

5.2 – Irrigation

L'APREL et l'ARDEPI ont choisi de positionner 2 types de sondes gérer l'irrigation et comparer leur fonctionnement :

- une sonde capacitive (Sentek) reliée à un boîtier Aquafox (réseau de transmission SigFox)
- Six sondes tensiométriques Watermark reliées à un boîtier monitor manuel (Challenge Agriculture).

- **Observation des mesures de la sonde capacitive**

Les relevés sont disponibles en temps réel via un ordinateur connecté ou le smartphone. L'interface présente les niveaux d'humidité à trois profondeurs (fig 2) et le cumul sur l'ensemble du profil 0-30 cm (Fig 1). Une courbe des mesures de salinité est aussi disponible (Fig3)

Mesures d'humidité cumulée (en mm)

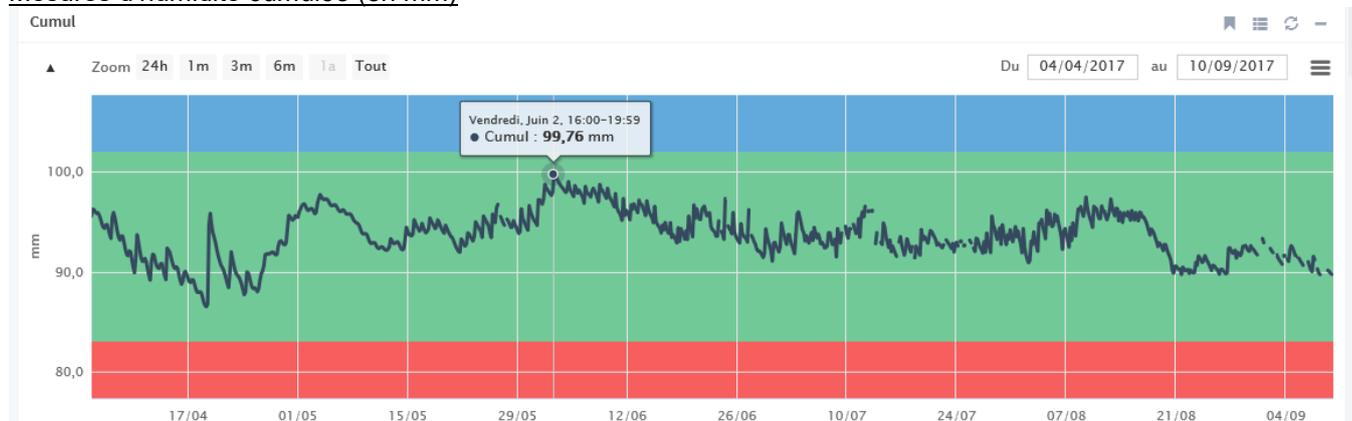


Figure 1 : Cumul des mesures d'humidité en mm.

En début de saison, la courbe diminue jusqu'au 20 avril : l'humidité baisse avec un sol qui est volontairement peu irrigué pour stimuler la floraison des plantes en phase d'enracinement (Figure 1). Ensuite, les enregistrements montrent des humidités très variables, avec un point haut le 2 juin : les humidités sont élevées sur le capteur 25 cm, avec un excès d'eau mesuré (Figure 2).

Après cette période, le pilotage est plus régulier et on observe des niveaux humidités modérés.



Figure 2 : Détail des mesures d'humidité en mm, à 5, 15 et 25cm.

La baisse d'humidité du début de culture est réellement visible sur l'horizon de surface. Les stocks en profondeur varient peu. En juin, on remarque un effet de dose trop importante sur le capteur à 25 cm par la visualisation de pics d'humidité. Il y a possibilité de lessivage des fertilisants à ces dates de pics. Les irrigations doivent être fractionnées pour limiter l'effet dose.

Mesure des salinités

Les sondes capacitatives Sentek mesurent la quantité d'ions présents dans le sol en VIC (Volume Ion Content) au niveau de chaque capteur, tous les 10 cm.

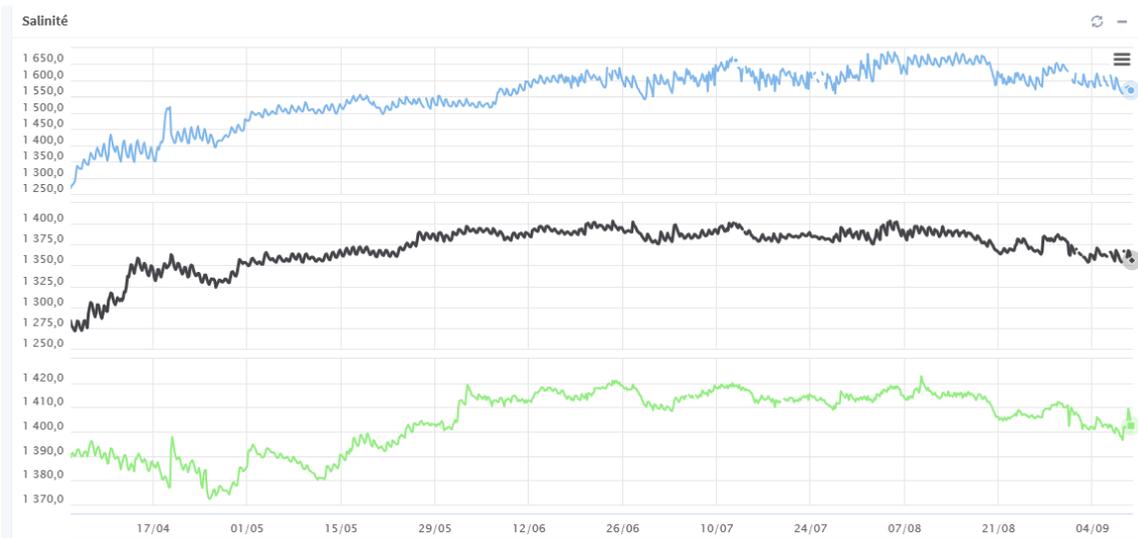


Figure 3 : Détail des mesures de salinité à 5, 15 et 25cm.

L'enregistrement des salinités montre des correspondances avec l'évolution de l'humidité du sol, notamment sur le capteur en profondeur (25 cm) : les pics de salinité sont similaires aux pics d'humidité. Il y a une augmentation de la salinité en profondeur, ce qui confirme le lessivage d'éléments minéraux plus en profondeur lors des pics.

On observe par ailleurs une augmentation de la salinité totale sur l'ensemble des capteurs au cours de la campagne, lié à la pratique de fertirrigation.

- **Observation des mesures tensiométriques**

Les relevés sont disponibles au champ ou par transfert de données via un ordinateur et le logiciel du Monitor. Les mesures de tension (en cbar) sont présentées individuellement pour chaque sonde positionnée à 2 profondeurs (25 et 40 cm) (fig 4).

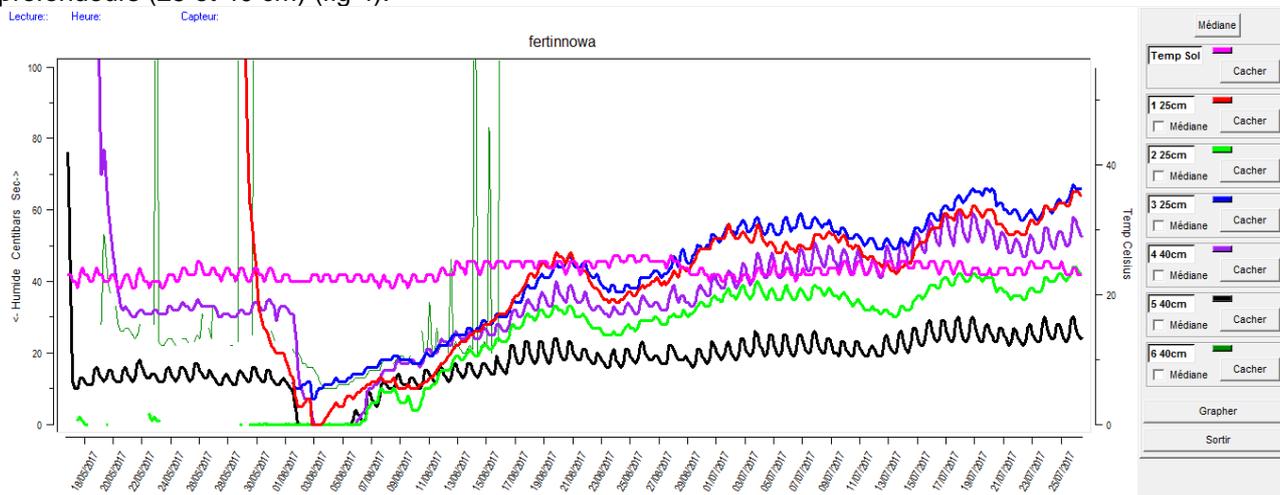


Figure 4 : Mesure de l'humidité via monitor à 25 et 40cm, en Cbar

Le Monitor montre une gestion de l'irrigation raisonnée sur l'ensemble de la campagne, avec une période de saturation début juin (valeur 0 cbar observée sur l'ensemble des sondes), à l'identique de la sonde capacitive. L'assèchement en début de culture n'est pas visible car les sondes tensiométriques ont été positionnées en profondeur. Le positionnement d'une sonde à 10 cm aurait permis de le visualiser comme la sonde capacitive.

Un problème de connexion de la sonde 6 à 40 cm est visible dès le début de la saison sur la courbe vert clair (pics très importants et très ponctuels). Elle doit être écartée pour l'interprétation.

Les nombreux câblages sur le Monitor restent une fragilité pour le matériel de terrain.

5.3 – Fertilisation

• Analyse des plantes

Il a été choisi d'évaluer l'intérêt des analyses de sève en laboratoire pour piloter la fertilisation des plantes en culture de tomate en sol. Cette technique est comparée à la méthode PILazo® déjà diffusée auprès des producteurs et des conseillers de la région et qui a montré son intérêt pour le pilotage de la fertilisation azotée des cultures comme la tomate. L'objectif est d'évaluer une nouvelle méthodologie par comparaison avec PILazo® pour l'azote mais d'ouvrir aussi la possibilité de mesurer l'état nutritif plus complet de la culture.

Mesure de l'azote

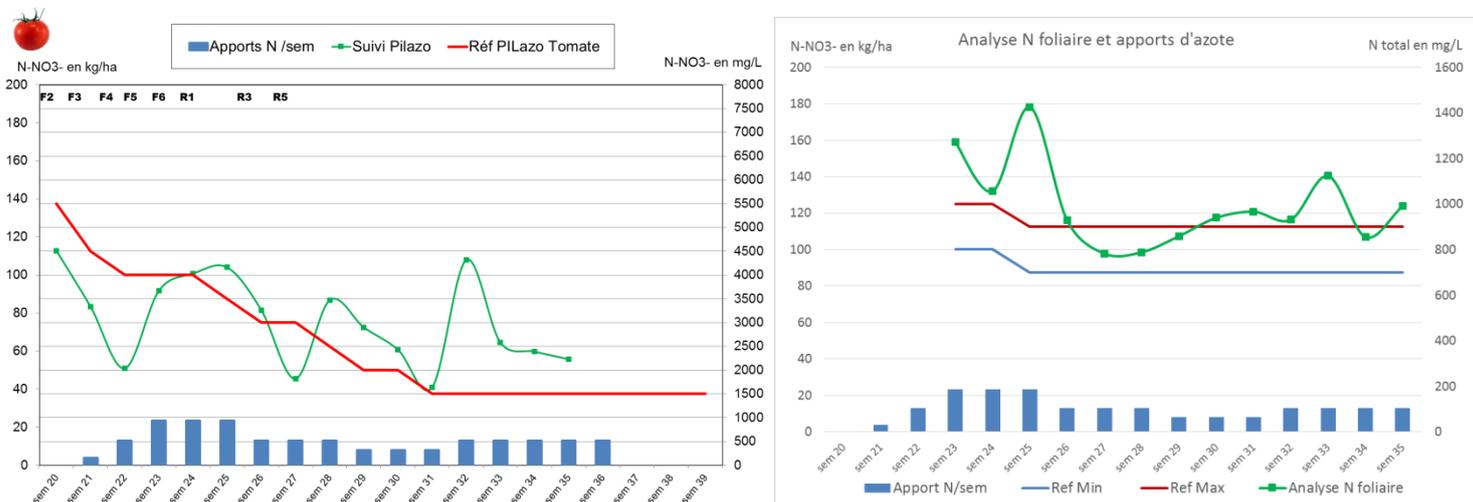


Figure 5 : Evolution de la teneur en N-NO₃ dans la plante grâce à la méthode PILazo (gauche) et en N total grâce aux analyses de sève au laboratoire (droite)

La comparaison des deux analyses est inappropriée car elles sont réalisées sur des organes différents : pétiole de jeune feuille adulte pour la méthode PILazo et folioles à différents stades pour l'analyse de sève en laboratoire.

Les références (courbes rouges) sont obtenues suite à un travail spécifique dans le cadre de la méthode PILazo et sont adaptées au cours du temps. Par contre peu de références existent pour l'analyse de sève et le laboratoire donne des valeurs maximale et minimale d'azote total pour interpréter les résultats.

Les deux méthodes montrent au final une situation de confort tout au long de la culture. Certaines variations ponctuelles (semaine 22 et 32 pour Pilazo et semaines 25 et 33 pour l'analyse de sève) restent difficiles à interpréter.

Mesure des éléments P, K, Ca

Pour les autres éléments, l'absence de référence validée dans les conditions de cultures régionales rend compliquée l'interprétation des données. En rapport des références fournies par le laboratoire (Hochmuth et al., 2015) les mesures obtenues sur la culture de tomate semblent indiquer une situation de confort pour les éléments P, K et Ca. Néanmoins, le pilotage n'est pas possible sans autre référence plus précise.

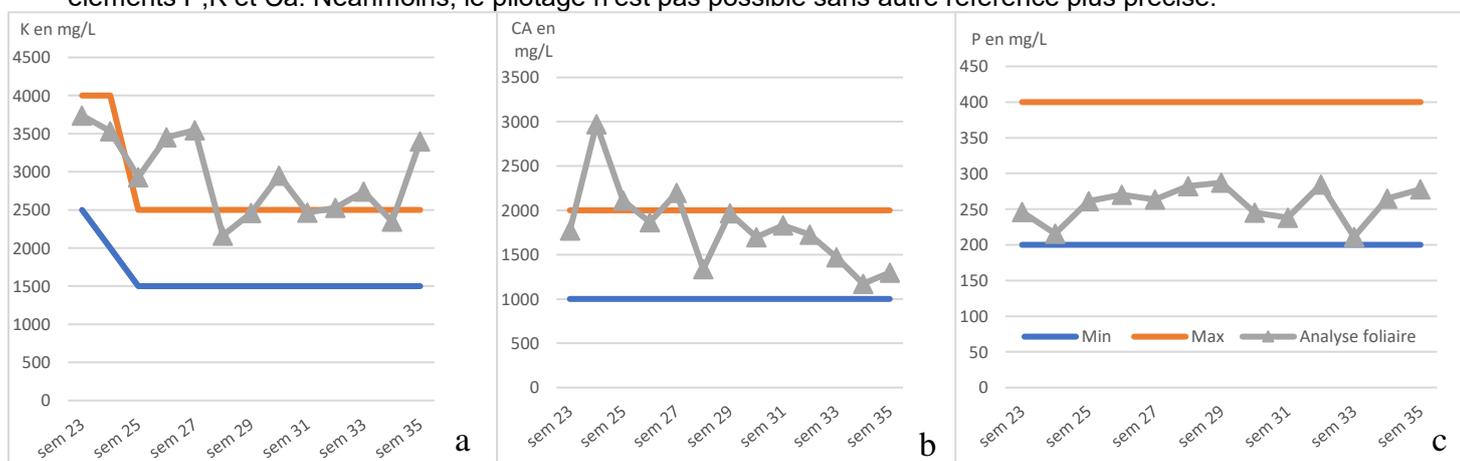


Figure 6 : Suivi par analyse foliaire pour le potassium K (a), le calcium Ca (b) et le phosphore P (c).
Références valeurs seuil : Hochmuth et al., 2015

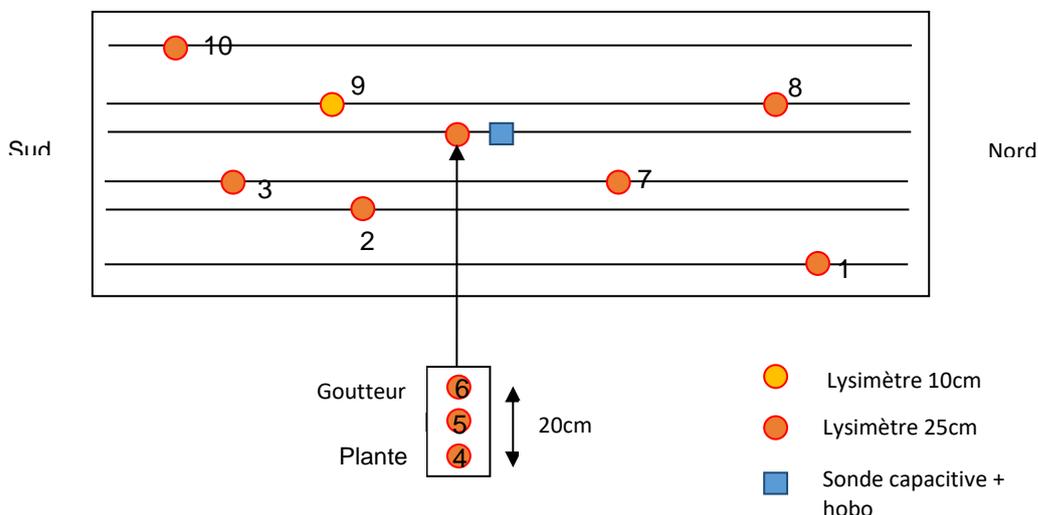
- **Analyse de sol**

Lors de cet essai, l'APREL a choisi d'évaluer l'intérêt des bougies poreuses collectrices de la solution de sol (lysimètres). Ces sondes ont été comparées à la technique classique de prélèvement de sol à la tarière et extraction de la solution par filtration inverse. Dans les deux cas, les Nitratests sont utilisés pour mesurer les teneurs en Nitrates et orienter le niveau de fertilisation sur la culture de tomate.

L'objectif est de :

- se familiariser avec une nouvelle méthodologie
- évaluer les avantages et inconvénients, notamment par rapport à la technique de la tarière

Mise en place des lysimètres sur la parcelle



L'objectif de cette première année d'essai était de se familiariser avec l'utilisation des lysimètres et d'en préciser le positionnement idéal. Ainsi 10 lysimètres ont été répartis dans le tunnel, enfoncés dans le sol verticalement. Deux profondeurs ont été testées (25 cm et 10 cm) et différentes distances par rapport au goutteur (0, 10 et 20 cm).

La mise en place des lysimètres est assez aisée mais plusieurs précautions sont à retenir pour pouvoir prélever facilement la solution de sol. Par exemple, il est important que le sol soit à sa capacité au champ lors de l'implantation des lysimètres pour que la bougie poreuse soit bien en contact et que les échanges se fassent. De plus sur des sols peu irrigués il faut prévoir entre 24 et 48h entre le vide d'air et le prélèvement de solution de sol.

Variabilité des mesures :

On observe une hétérogénéité forte des mesures selon la position des lysimètres dans la parcelle (Fig 7).

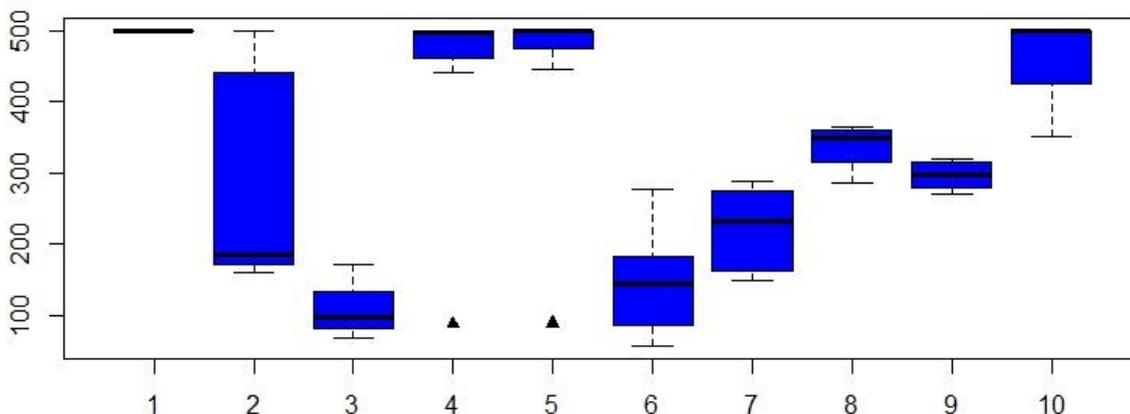


Figure 7 : Etendue des valeurs obtenues dans chaque lysimètre (en ppm de N-NO3)

Les lysimètres situés aux extrémités (1, 10, 3) ont présenté plus souvent des défaillances avec des difficultés à prélever la solution de sol.

La distance entre le lysimètre et la ligne du goutteur semble avoir une influence sur les données mesurées. La comparaison des lysimètres 4-5-6 permet de mettre en évidence que, placé directement sous la ligne des goutteurs, le lysimètre n°6 semble être celui qui suit le plus la tendance de la courbe de la teneur en nitrates obtenue grâce à la méthode de la tarière. A partir du 25 juillet, le vide d'air est réalisé 7 jours avant le prélèvement et les données semblent se stabiliser (Fig 9).

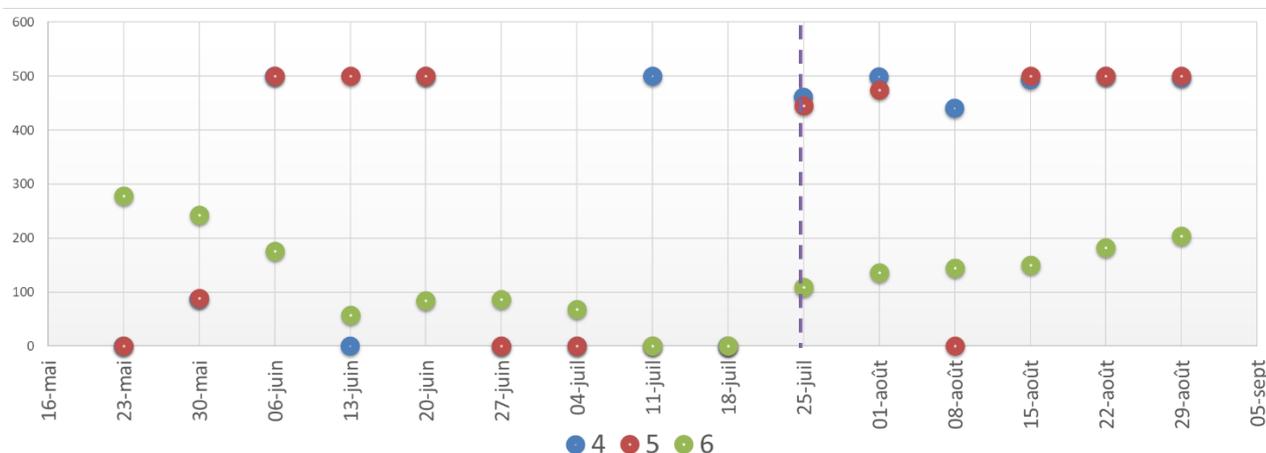


Figure 9 : Evolution de la teneur en azote pour les lysimètres n° 4, 5 et 6.

Pilotage de la fertilisation

En considérant la moyenne de l'ensemble des lysimètres, la tendance de la courbe correspond à peu près aux teneurs obtenues avec le prélèvement de sol (Figure 8).

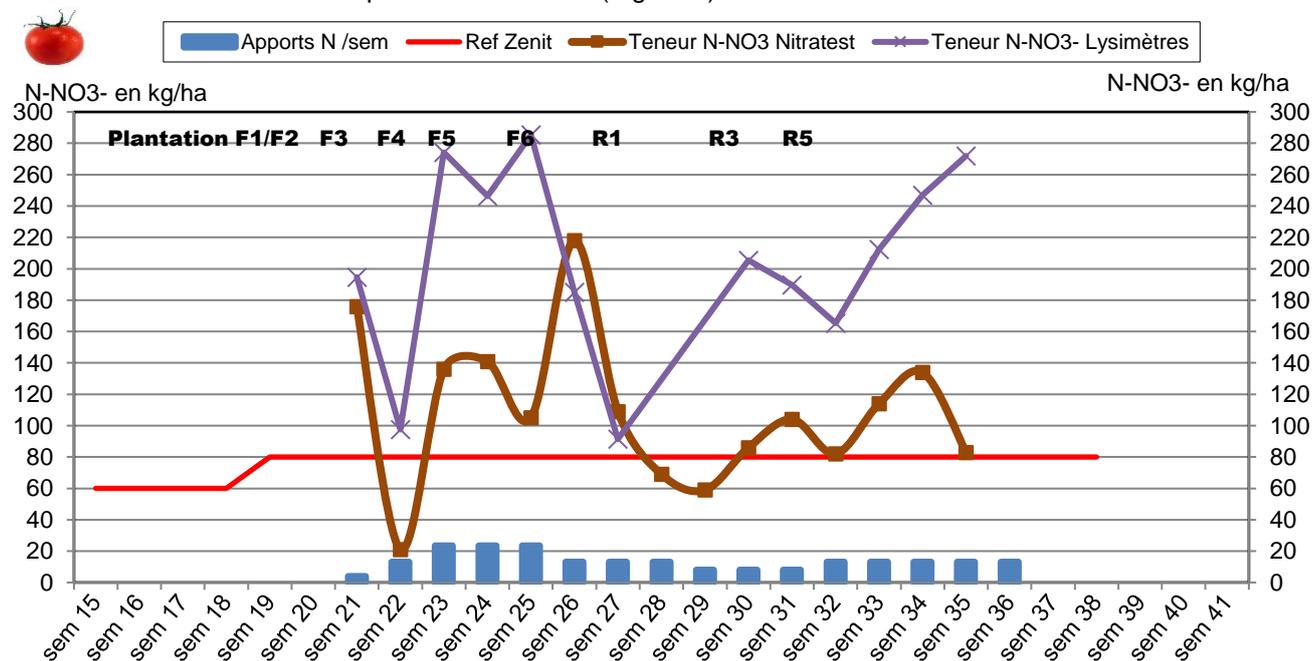


Figure 8 : Comparaison entre la teneur en N-NO3 obtenue par Nitratetest via la méthode de prélèvement à la tarière et via les lysimètres

On observe deux baisses significatives de teneurs en Nitrates dans le sol : avant le début de la fertilisation au stade F3-F4 (semaine 22) et en début de récolte. Les apports réguliers de fertilisants permettent de maintenir les réserves de Nitrates à un niveau confortable.

6 – Conclusions

Les outils de pilotage positionnés sur la parcelle ont permis de mesurer des indicateurs de statut hydrique du sol et du confort de nutrition azoté des plantes. Cependant, l'interprétation des données pour le pilotage des pratiques demande un accompagnement des producteurs et un renforcement des connaissances.

Pour la gestion de l'irrigation, la sonde capacitive apporte un confort de lecture de données et l'intérêt de mesure en temps réel. L'installation est aussi simplifiée mais demande un positionnement soigneux et réfléchi à l'échelle de la parcelle. L'interprétation des mesures est accessible après un temps de formation par les producteurs. Quel que soit l'outil de pilotage, il est nécessaire, de noter les volumes d'eau apporté quotidiennement pour une optimisation des irrigations.

Pour la gestion de la fertilisation, la méthode de prélèvement de sol à la tarière et de nitrates reste une méthode facile à mettre en œuvre et qui donne des résultats fiables et normés. On constate cependant que les producteurs ne la pratiquent pas de manière autonome. Les lysimètres sont assez faciles à installer mais ne correspondent pas aux caractéristiques d'un outil facilement utilisable par les producteurs. L'extraction de la solution du sol n'est pas aisée et nécessite plusieurs interventions. Les mesures sont très hétérogènes selon leur position et les valeurs peuvent aussi varier en fonction des manipulations. On observe cependant une certaine cohérence dans les courbes d'évolution obtenues avec ces deux méthodes ce qui pourrait permettre, à terme, de pouvoir définir un pilotage de la fertilisation à l'aide des lysimètres.

La méthode PILazo® est une méthode éprouvée sur tomate et avec de nombreuses références permettant le pilotage de la fertilisation. Les analyses foliaires apportent une information plus complète sur l'état nutritionnel de la plante. Cependant, il manque des références plus précises pour piloter la fertilisation en cours de culture.

Renseignements complémentaires auprès de :
Claire GOILLON, APREL, 13210 St Rémy de Provence, tel 04 90 92 39 47, goillon@aprel.fr

Action A141

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 689687

