

SUBSURFACE DRIP IRRIGATION: AN IRRIGATION SYSTEM ADAPTED TO CERTAIN SITUATIONS

by Isabelle Boyer, Ardepi – Marie Charreyron, SEA La Pugère

A drip irrigation system is being proposed to facilitate mechanical weeding processes, restrict damage caused by animals or outside aggressors, improve fertigation efficiency and save on water.

The experiments have shown that this system can only meet all these criteria when special attention is to be paid to a number of key aspects. In order to evaluate precisely the performance of the “subsurface drip irrigation” system, the La Pugère Experimentation Centre, in partnership with Ardepi - Regional Association specialising in Irrigation Projects, set up two trials. Between 2009 and 2014, a trial carried out on a plum tree orchard on the soils of Durance compared a micro-sprinkler system with double lateral surface and subsurface drip irrigation systems.

The second trial, set up in 2011 on an apple orchard, which is ongoing, compares a surface drip irrigation system with single and double lateral subsurface drip irrigation systems.

First practical observations

Since the beginning of the trials, it has been possible to identify the different technical aspects where vigilance is required in order to ensure a successful installation of a subsurface drip irrigation system:

- The setting up of a subsurface drip irrigation system requires a study of the hydraulics :
 - Choose the right drippers designed for this system (self-compensating, anti-drain, anti-siphon)

- Choose a filter of the correct mesh and adapted to the quality of the water under the most adverse conditions (following a storm, during periods of high temperatures...). A filter mesh of 130 μ is required for a drip irrigation system. Its efficiency and regular maintenance are essential during the whole life of the system and this also applies to self-cleaning filters.
- An injection system must be selected that permits uniform fertilisation and the flow of the acids essential for its maintenance.

Irrigation goutte-à-goutte enterré : un système d'irrigation adapté à certaines situations

Le système goutte-à-goutte enterré est proposé pour faciliter le désherbage mécanique, limiter les attaques liées aux animaux et agresseurs extérieurs, améliorer l'efficacité de la ferti-irrigation et économiser l'eau.

Des expérimentations ont montré que ce système ne pouvait répondre à tous ces critères qu'à la condition d'une vigilance particulière sur de nombreux points.

Afin d'évaluer précisément les performances du système « goutte-à-goutte enterré », la station d'expérimentation La Pugère en partenariat avec l'Ardepi (Association régionale pour la maîtrise des irrigations) a mis en place 2 essais.

De 2009 à 2014, un essai sur verger de prunier en sol de Durance compare un système de micro-aspersion à des systèmes de goutte-à-goutte doubles rampes de surface et goutte-à-goutte doubles rampes enterrés.

Le second essai, mis en place en 2011 et qui se poursuit actuellement, compare un système goutte-à-goutte de surface à des systèmes goutte-à-goutte enterrés mono-rampes et doubles rampes en verger de pommier.

Les premières observations pratiques

Depuis le début des essais, les différents points techniques sur lesquels il faut être vigilant ont pu être identifiés pour une bonne valorisation de l'installation goutte-à-goutte enterré :

- la mise en place d'un système d'irrigation en goutte-à-goutte enterré nécessite une étude hydraulique :
 - choisir des goutteurs prévus à cet effet (autorégulant, antivivange, antisiphon),
 - choisir une filtration bien dimensionnée et adaptée à la qualité de l'eau aux moments les plus défavorables (suite à un orage, en période de fortes températures ...). En système goutte-à-goutte, on choisit une finesse de filtration à 130 μ . Sa performance et son entretien régulier sont essentiels à la durée de vie du système, cela est vrai aussi pour les filtres auto-nettoyants,

- un système d'injection qui permet une fertilisation homogène et le passage de l'acide indispensable à l'entretien,
- des longueurs de lignes respectant les préconisations des fabricants, afin de s'assurer d'une répartition homogène de l'eau comme de la fertilisation,
- des purges automatiques en fin de rampe ou un double peigne équipé d'une purge manuelle pour limiter les accumulations de particules dans les zones de faibles vitesses d'écoulement et le colmatage.
- Le contrôle des volumes d'eau est effectué grâce à un compteur volumétrique, pour s'assurer que le volume d'eau voulu est bien passé et pour détecter les fuites et les bouchages éventuels.
- Un contrôle des pressions à l'aide d'un manomètre doit être fréquent.
- Le système goutte-à-goutte doit être enterré autour des 30 cm de profondeur pour ne pas être endommagé lors d'un travail superficiel du sol. On le positionne entre 30 et 70 cm du rang de plantation selon le type de sol et la culture.
- Les distances supérieures à 60 cm des rampes de goutte-à-goutte par rapport à la ligne de plantation peuvent poser des problèmes de diffusion latérale de l'eau jusqu'aux racines des jeunes plantations. Cela nécessite pour une jeune plantation, d'apporter les 2 premières années des doses d'eau suffisamment importantes pour que les racines puissent y avoir accès ou de compléter le système par une gaine de surface sur le rang de plantation.
- Les distances inférieures à 30 cm risquent de favoriser l'intrusion racinaire dans les goutteurs.
- Il est nécessaire de maintenir un volume suffisant du bulbe d'humidité autour du goutteur pour limiter l'intrusion racinaire. De ce fait, il est déconseillé d'interrompre le système en cours de campagne, pour les espèces nécessitant une restriction hydrique, par exemple.
- L'irrigation est obligatoirement journalière avec des fractionnements pouvant aller jusqu'à 4 irrigations/jours en fonction du besoin journalier de la plante, de la texture du sol, de la pluviométrie du système. Cela nécessite un contrôle de l'humidité du sol plusieurs fois par semaine (systèmes qui permettent d'être informé en temps réel) impliquant parfois une adaptation de la programmation plusieurs fois par semaine.
- Le système enterré facilite l'entretien de l'enherbement, on observe d'ailleurs un enherbement sur le rang plus faible. Il reste cependant une contrainte pour un travail du sol plus profond sur l'inter-rang.
- Les eaux calcaires ou les injections de fertilisants colmatent les goutteurs, principalement en fin de ligne. Une injection d'acide nitrique est nécessaire tous les ans en fin de campagne d'irrigation ou plusieurs fois dans la campagne et permet de limiter le risque d'intrusion racinaire.



© ZVONKODJURIC - HTTP://FR.FOTOLIA.COM/

ZOOMING IN ON A FEW TRIAL RESULTS. [1] TRIAL CARRIED OUT ON A PLOT OF PLUM TREES BETWEEN 2010 AND 2014 ON A FILTERING SANDY LOAM SOIL CONTAINING ROLLED DURANCE PEBBLES
Zoom sur quelques résultats d'essais. [1] Essai sur parcelle de prunier de 2010 à 2014 en sol filtrant limono-sableux avec galets de Durance

Base variety: T.C. SUN® Gradiplum cov
 Rootstock: Myrobolan 29 C
 Planting in May 2010 (1st leaf 2010)
 Planting distance: 4 m x 1.5 m.

Variété support : T.C. SUN® Gradiplum cov
 Porte-greffe : Myrobolan 29 C
 Plantation en mai 2010 (1^{ère} feuille 2010)
 Distances de plantation : 4 m x 1,5 m.

DESCRIPTION OF THE METHODS USED (PLUM TREE) Descriptif des modalités (Prunier)			
SYSTEM Système	DOUBLE LATERAL SUBSURFACE DRIP IRRIGATION Goutte-à-goutte enterré double rampe	DOUBLE LATERAL SURFACE DRIP IRRIGATION Goutte-à-goutte de surface double rampe	MICRO-SPRINKLERS ALONG THE ROW Micro-aspersion sur le rang
POSITIONING Position	BURIED AT A DEPTH OF 35 CM AND 70 CM FROM THE ROW OF PLANTS Enterré à 35 cm de profondeur et 70 cm du rang de plantation	PLACED ON THE GROUND AT 30 CM FROM THE TREE Posé au sol à 30 cm de l'arbre	SUSPENDED AT 50 CM ABOVE GROUND LEVEL Suspendu à 50 cm du sol
FLOW RATE Débit	1.6 L/H 1,6 l/h	1.6 L/H 1,6 l/h	35 L/H 35 l/h
SPACING BETWEEN EMITTERS Ecartement entre distributeurs	0.5 M 0,5 m	0.5 M 0,5 m	3 M 3 m
THEORETICAL PRECIPITATION RATE Pluviométrie théorique	0.8 MM/H 0,8 mm/h	0.8 MM/H 0,8 mm/h	2.8 MM/H 2,8 mm/h

Achieving a water balance

The scheduling of the irrigations relies on the support of Monitor (Watermark sensors with continuous data logging). The object was to irrigate on a daily basis and maintain the soil water tension at 40-60 cb; and this occurred at a depth of 60 cm according to the rooting level and the amount of fruit on the trees. The fertilisers were applied directly onto the soil; there was no fertiliser injection into the irrigation system. Nitric acid cleaning was carried out each year at the end of the season. The volumes of water used have been recorded with the use of volumetric water meters.

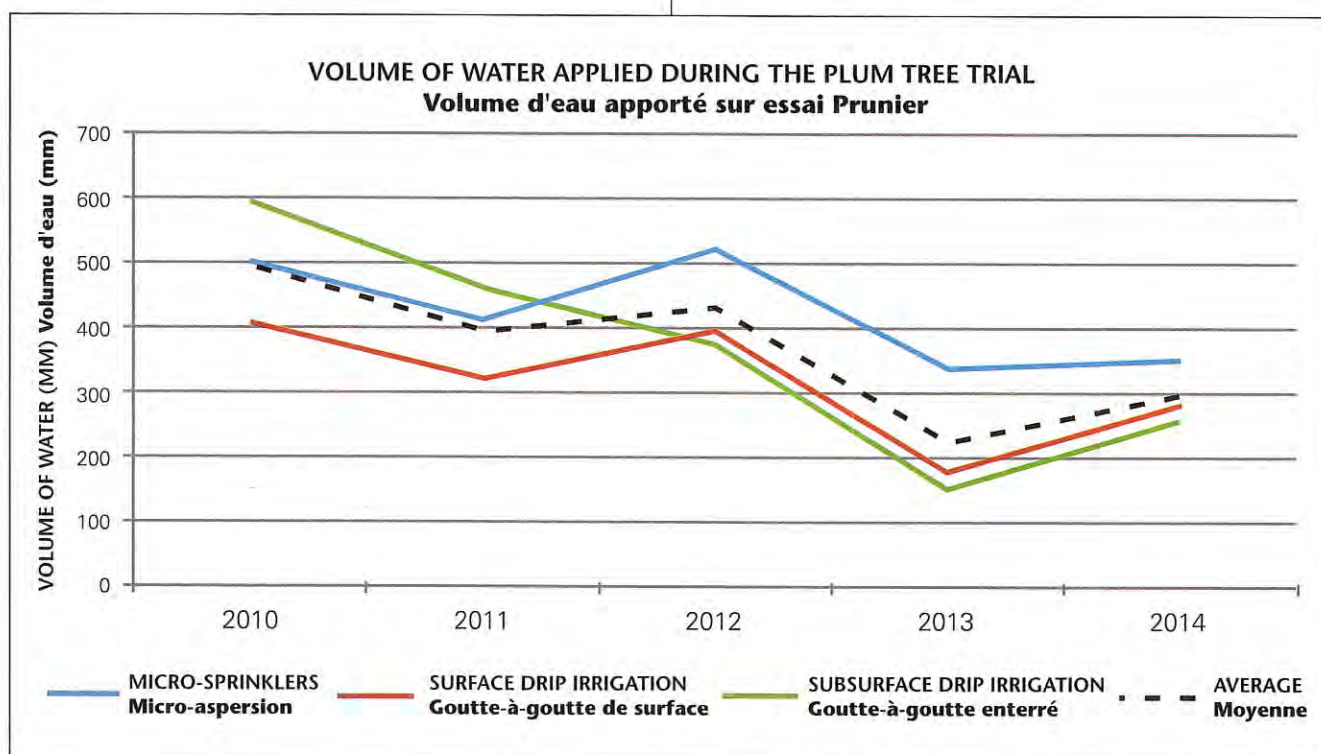
The irrigations have been divided up into 4 applications per day during the period of peak consumption.

Bilan des irrigations

Le pilotage des irrigations a été assuré à l'aide de Monitor (sondes Watermark avec enregistreur de données en continu). La consigne était de maintenir une irrigation quotidienne et des tensions entre 40 et 60 cb; et ce, jusqu'à 60 cm de profondeur en fonction du niveau d'enracinement et de charge des arbres. La fertilisation a été positionnée au sol, il n'y a pas eu d'injection de fertilisant dans les systèmes d'irrigation. L'entretien à l'acide nitrique a été fait chaque année en fin de campagne.

Les volumes d'eau ont été comptabilisés à l'aide de compteurs d'eau volumétriques.

Les irrigations ont été fractionnées jusqu'à 4 fois/jour en période de forte consommation.



During the first 2 years, the volumes of water applied with the subsurface drip irrigation method were higher than those of the other 2 methods. 725 mm were applied with the surface drip irrigation method and 1050 mm with the subsurface drip irrigation system, i.e. 45% more. In fact, on a filtering soil, placing the subsurface drip lines farther apart at 70 cm from the rows of plants has led to more water being applied in order to ensure that the resource is dispersed as far as the roots. No additional tubing was required.

During the following years, the amounts of water applied with the double lateral drip irrigation system were less than those of the other systems. Nevertheless, there was little difference when compared with a surface drip irrigation system.

It was confirmed that the drip irrigation systems used lower volumes of water than a micro-sprayer system, varying from 20% to 30% less, depending on the year.

Les 2 premières années, les volumes d'eau apportés sur la modalité goutte-à-goutte enterré ont été plus importants que sur les 2 autres modalités. Il a été apporté 725 mm en goutte-à-goutte de surface et 1050 mm en goutte-à-goutte enterré, soit 45 % de plus. En effet, sur ce sol filtrant, l'éloignement des lignes de goutte-à-goutte enterré à 70 cm par rapport à la ligne de plantation nous a conduit à apporter plus d'eau pour s'assurer d'une bonne diffusion jusqu'aux racines. Aucune gaine complémentaire de surface n'a été ajoutée.

Les années suivantes, le système goutte-à-goutte double rampe enterré est celui dont les apports sont les moins élevés par rapport aux autres modalités. Cependant la différence avec le goutte-à-goutte de surface est assez faible.

Les systèmes goutte-à-goutte confirment une réduction des volumes d'eau apportés par rapport à un système micro-aspersion, variant de 20 à 30% selon les années.

Agronomic results for the plum trees

The trees showed identical characteristics with all 3 systems, in terms of volume, vigour, yield and fruit size uniformity.

Résultats agronomiques sur prunier

Sur les 3 systèmes d'irrigation, les arbres ont présenté des caractéristiques identiques en termes de volume, de vigueur, de rendement ainsi que de répartition par calibre.

DESCRIPTION OF THE METHODS USED (PLUM TREE) Tableau des rendements 2014					
METHODS Modalités	AVERAGE YIELD PER TREE IN KG Rendement moyen par arbre en kg	AVERAGE CUMULATED PRODUCTION PER TREE IN KG Production cumulée moyenne par arbre	% SIZE CATEGORY < 50 MM % calibre < 50 mm	% SIZE CATEGORY 50-60 MM % calibre 50-60 mm	% SIZE CATEGORY > 60 MM % calibre > 60 mm
MICRO-SPRINKLER IRRIGATION Irrigation par micro-aspiration	21.77 ns	32.97 ns	13.1% ns	78.1% ns	8.8% ns
SUBSURFACE DRIP IRRIGATION Irrigation par goutte-à-goutte enterré	21.63 ns	32.44 ns	12.9% ns	77.6% ns	12.0% ns
SURFACE DRIP IRRIGATION Irrigation par goutte-à-goutte de surface par distributeurs	21.52 ns	32.29 ns	10.7% ns	75.8% ns	12.0% ns

Weed growth has been less noticeable with a subsurface drip irrigation system due to less water being made available on the soil surface.

Soil profiles have made it possible to ascertain that no root obstruction was observed in the system's emitters during the course of the trial.

Le développement des adventices a été moins marqué en système goutte-à-goutte enterré du fait d'une moins bonne disponibilité en eau dans l'horizon de surface.

Des profils de sol ont permis de constater qu'il n'y a pas eu d'obstruction par les racines du système goutte-à-goutte enterré sur la durée de l'essai.



© CHRISBERIC - HTTP://FR.FOTOLIA.COM/

ZOOMING IN ON A FEW TRIAL RESULTS. [2] TRIAL CARRIED OUT ON A PLOT OF APPLE TREES FROM 2012 TO THE PRESENT DAY, ON A DEEP SANDY CLAY LOAM SOIL
Zoom sur quelques résultats d'essais. [2] Essai sur parcelle de pommier de 2012 à ce jour en sol profond argilo-limono-sableux

Year of 1st leaf: 2012
 Rootstock: Pajam 2
 Variety: Pink Lady Rosy Glow
 Distance between plants: 4 x 1.25 m

Année de 1^{ère} feuille : 2012
 Porte-greffe : Pajam 2
 Variété : Pink Lady Rosy Glow
 Distance de plantation : 4 x 1,25 m

DESCRIPTION OF THE METHODS USED (APPLE TREE) Descriptif des modalités (Pommier)			
SYSTEM Système	SINGLE LATERAL SUSPENDED DRIP METHOD Goutte-à-goutte mono-rampe suspendu	SINGLE LATERAL DRIP IRRIGATION Goutte-à-goutte mono-rampe	DOUBLE LATERAL DRIP IRRIGATION Goutte-à-goutte double rampe
POSITIONING Position	SUSPENDED AT 50 CM ABOVE THE SOIL ON TRELLIS WIRE Suspendu à 50 cm du sol au fil de palissage	BURIED AT A DEPTH OF 25 CM AT 35 CM FROM THE TREE Enterré à 25 cm de profondeur A 35 cm de l'arbre	BURIED AT A DEPTH OF 25 CM AT 35 CM FROM EACH SIDE OF THE TREE Enterré à 25 cm de profondeur A 35 cm de chaque côté de l'arbre
FLOW RATE Débit	1.6 L/H 1,6 l/h	1.6 L/H 1,6 l/h	1.6 L/H 1,6 l/h
SPACING BETWEEN EMITTERS Écartement entre distributeurs	50 CM 50 cm	50 CM 50 cm	50 CM 50 cm
PRECIPITATION RATE Pluviométrie	0.8 MM/H 0,8 mm/h	0.8 MM/H 0,8 mm/h	1.6 MM/H 1,6 mm/h

Achieving a water balance

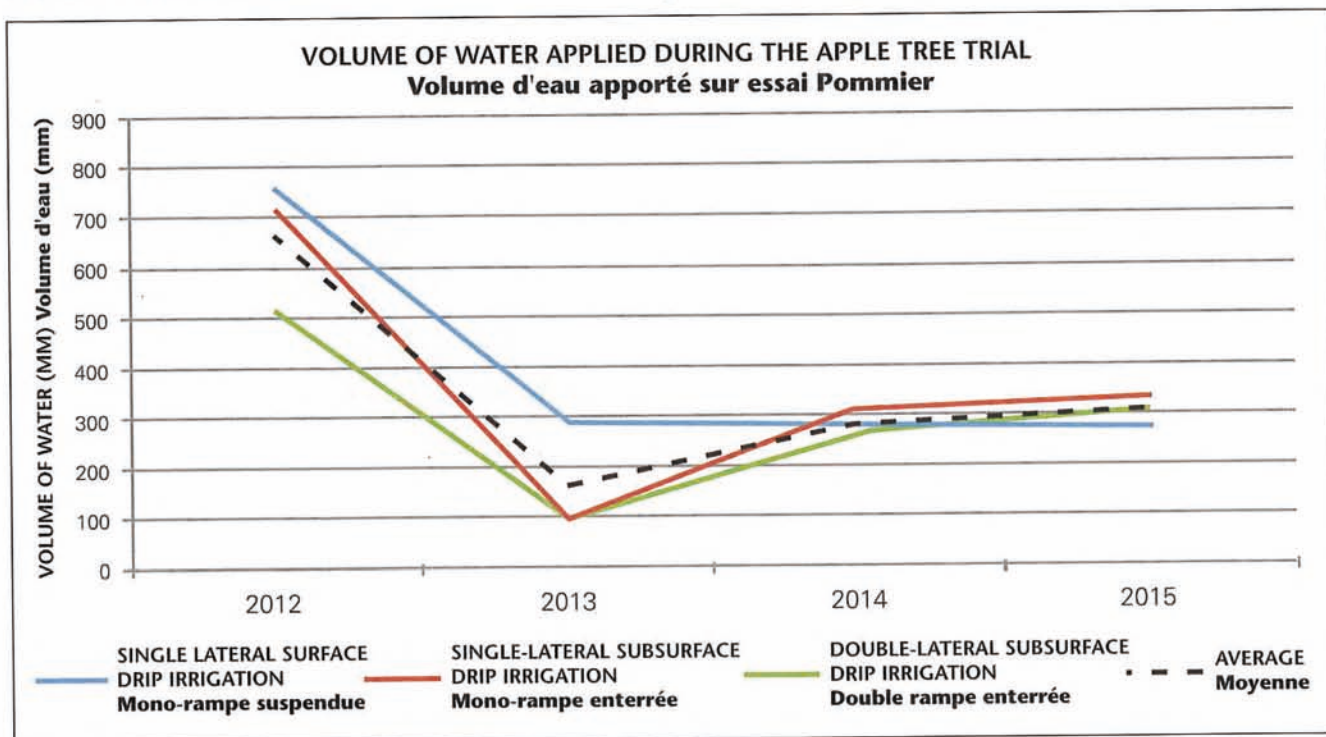
The scheduling of the irrigations relies on the support of Monitor (Watermark sensors with continuous data logging). The object was to irrigate on a daily basis and maintain the soil water tension at 40-60 cb; and this occurred at a depth of 60 cm according to the rooting level and the amount of fruit on the trees.

The volumes of water used have been recorded with the use of volumetric water meters.

Bilan des irrigations

Le pilotage des irrigations est assuré à l'aide de Monitor (sondes Watermark avec enregistreur de données). La consigne d'irrigation est de maintenir l'irrigation quotidiennement et de maintenir les tensions de 40 à 60 cb jusqu'à 60 cm de profondeur en fonction du niveau d'enracinement et du niveau de charge des arbres.

Les volumes d'eau sont comptabilisés à l'aide d'un compteur d'eau volumétrique.



During the first year of the trial, the volumes applied were significant, the double lateral subsurface method recording a lower volume than the single-lateral suspended and subsurface methods. The subsurface drip irrigation system would appear to guarantee a better water distribution than the single lateral systems.

Comments:

- For a suspended drip irrigation model: during the first 2 years, scheduling was carried out by the producer; the technicians took over the irrigation management process in 2014. The volume of water used in 2012 was estimated from the figures provided by the producer and from 2013 the volumes used were recorded by a volumetric water meter.
- For the single lateral subsurface method, in 2014 the volume of water used was overestimated on account of a leak in the drain valve at the end of the line, caused by soil cultivations.
- From 2014, the volumes applied no longer showed any significant difference, the applications being similar for all 3 methods. Ongoing trials should be able to show more precisely whether or not these were only one-off results for the year.



La 1^{ère} année d'essai, les volumes d'eau apportés sont importants, la modalité enterrée double rampe enregistre un volume inférieur aux modalités mono-rampe suspendue et mono-rampe enterrée. Le système goutte-à-goutte enterré semble assurer une meilleure répartition de l'eau par rapport aux systèmes mono-rampe.

Remarques:

- Pour la modalité goutte-à-goutte suspendu: les 2 premières années, la conduite a été assurée par le producteur, en 2014, les techniciens ont repris la main sur le pilotage. Le volume d'eau en 2012, a été estimé selon les données du producteur, à partir de 2013 les volumes relevés sont enregistrés par un compteur volumétrique.
- Pour la modalité mono-rampe enterrée, en 2014, le volume d'eau est sur-estimé du fait d'une fuite de la vidange en fin de ligne liée au travail du sol.
- À partir de 2014, les volumes apportés n'ont alors plus marqué d'écart significatif, les apports ont été similaires pour les 3 modalités. Une poursuite de l'essai devrait permettre de préciser si ces résultats sont dus à un effet annuel ou non.

Agronomic results for the apple tree

Over the following 4 years a cumulative increase in growth was observed, this being significantly higher for the production model (suspended drip irrigation) and double lateral subsurface drip method than for the single lateral subsurface method (see the graph “Increase in the vegetative growth of the trees”).

Measurements of the diameters of the fruit in 2014 and 2015 did not show any difference between the different methods.

As far as production is concerned, it was observed that there was a significant difference in the yield of the tree in favour of the double lateral subsurface drip irrigation method, with 46.4 kg/tree, this being 24% more than the reference method and 41% more than the subsurface single-lateral method. If we consider the percentage of fruit with a size of >75 mm, the proportion is significantly higher for the production and double-lateral subsurface methods than for the single lateral subsurface system. Finally, if we consider the average number of fruit per tree, the double lateral subsurface method achieved an average of 253 fruits per tree, this being significantly higher than for the other 2 methods.

The trees proved to become well-established with all three methods; however, it should be remarked that there was a difference in vegetative growth to the detriment of the “single lateral subsurface system” in spite of the fact that the cumulated volume of water consumed since 2012 fell somewhere between that of the “production” model and that of the “double lateral drip irrigation” system.

The single lateral system is more difficult to control because of the lateral movement of water required to ensure that the trees become well established.

Résultats agronomiques sur pommier

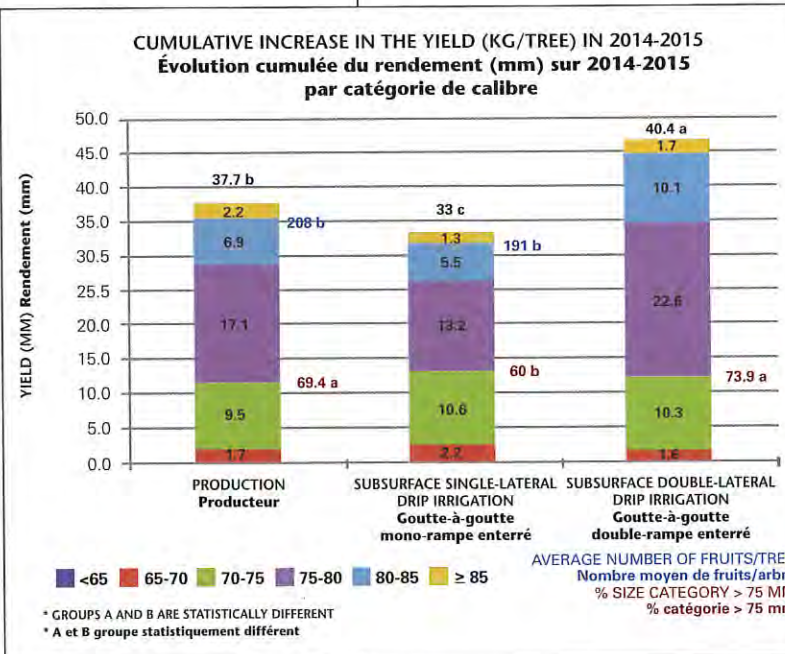
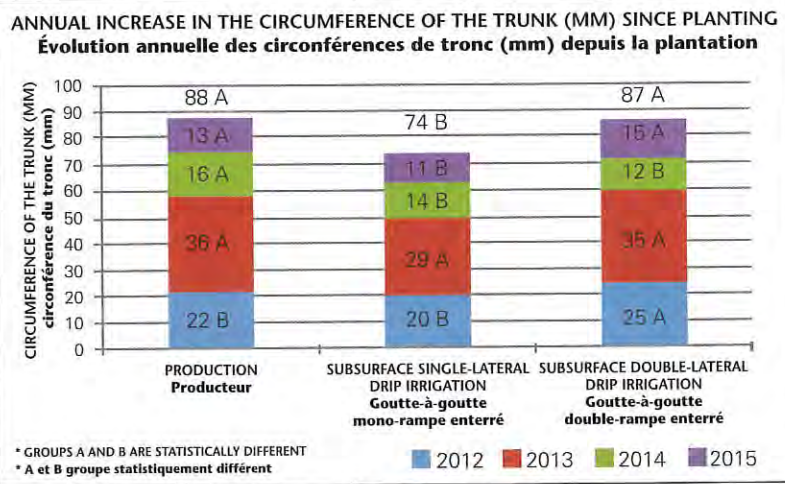
Sur les 4 années de suivi, on observe une croissance végétative cumulée, significativement supérieure pour les modalités producteur (goutte-à-goutte suspendu) et goutte-à-goutte enterré double rampe par rapport à la modalité mono-rampe enterrée (voir graphique « Evolution de la croissance végétative des arbres »).

La mesure du diamètre des fruits en 2014 et 2015 n’a pas montré de différence entre les différentes modalités.

En terme de production, on observe une différence de rendement à l’arbre significative en faveur de la modalité goutte-à-

goutte double rampe enterré avec 46,4 kg/arbre, supérieur de 24% à la modalité référence et de 41% par rapport à la modalité mono-rampe enterré. Si l’on considère le pourcentage de fruits de calibre >75 mm, le pourcentage est significativement supérieur pour les modalités producteur et double rampe enterré par rapport

au mono-rampe enterré. Enfin lorsque l’on regarde le nombre de fruits moyens par arbre, la modalité double rampe enterré obtient un nombre de fruits moyens par arbre de 253 fruits, significativement plus élevé que pour les 2 autres modalités. Les arbres se sont bien implantés sur les trois modalités, on remarque toutefois une différence de croissance végétative en défaveur



de la modalité « goutte-à-goutte mono-rampe enterré » malgré un volume d’eau apporté en cumulé depuis 2012, intermédiaire entre la modalité « producteur » et « goutte-à-goutte double rampe ».

Le système mono-rampe est plus difficile à maîtriser en raison du besoin de diffusion latérale de l’eau pour satisfaire une bonne implantation des arbres.



© EXREY - HTTP://FR.FOTOLIA.COM/

UNDER THE CONDITIONS OF THE TRIALS CARRIED OUT ON APPLE TREES, USING THE DOUBLE LATERAL SUBSURFACE IRRIGATION SYSTEM WOULD APPEAR TO PRODUCE BETTER AGRONOMIC RESULTS FOR THE TREE

Dans les conditions de l'essai pomme, le système d'irrigation double rampe enterrée semble permettre un meilleur comportement agronomique de l'arbre

Conclusion

Ongoing trials will make it possible to ascertain the effect of the subsurface drip irrigation method on an adult fruit orchard, when the rooting system will be more developed.

From the different results obtained it would appear that the different water applications have a more noticeable effect on young trees. For an adult orchard, whatever the irrigation system installed, the amounts of water applied will mainly depend on the scheduling strategy.

Under the conditions of the trials carried out on apple trees, using the double lateral

subsurface irrigation system would appear to produce better agronomic results for the tree and this remains to be confirmed over the next few years of production. However, this system requires a high level of technical input in the design, scheduling, control and maintenance of the device. ■

Conclusion

La poursuite d'essais permettra de confirmer le comportement du goutte-à-goutte enterré sur un verger adulte avec un système racinaire plus développé.

D'après ces différents résultats, il semble que les différences d'apport d'eau soient plus marquées sur jeune verger. Sur verger adulte, quelque soit le système d'irrigation mis en place, les apports d'eau vont principa-

lement dépendre de la stratégie de pilotage. Dans les conditions de l'essai pomme, le système d'irrigation double rampe enterrée semble permettre un meilleur comportement agronomique de l'arbre, qui reste à confirmer sur les prochaines années de production. Cependant, ce système exige une technicité importante dans la conception, le pilotage, le contrôle et l'entretien du dispositif. ■