

IRRIGATION DE LA LAITUE ET ÉCONOMIES D'EAU

Irrigation of Lettuces and Water Saving

BY ISABELLE BOYER, ARDEPI 13, CLAIRE GOILLON, CETA DE ST MARTIN DE CRAU

La laitue ou *Lactuca sativa* L. est une espèce annuelle autogame, qui regroupe un très grand nombre de variétés (batavia, pommée, romaine ...). Elle appartient à la famille des astéracées, au même titre que la chicorée, l'artichaut ou le topinambour.

The garden lettuce, or *Lactuca sativa* L., is an autogamous annual plant, with a wide range of varieties (loose leaf, batavia, romaine or cos...). It belongs to the aster or sunflower family (*Asteraceae*), which includes the chicory, globe artichoke and Jerusalem artichoke.



© ILLUSTRÉZ-VOUS - HTTP://FR.FOTOLIA.COM

LA LAITUE est une plante dont le cycle de croissance est court, et elle peut être produite à différentes saisons : au printemps (semis en février-mars), en été (semis d'avril à juin), en hiver (semis en août-septembre)... On distingue deux types de culture : les productions de plein champ, qui correspondent à des lots de semences destinés le plus souvent au marché amateur et les productions sous abri, qui correspondent à des lots de semences destinés au marché professionnel. Durant la germination, des températures comprises entre 7 et 24 °C sont requises. La température de germination optimale est de 20 °C. Au-delà de 25 °C, elle germe mal ou pas du tout et en dessous de 7 °C, la croissance racinaire est fortement ralentie, ainsi que la capacité des racines à absorber l'eau du sol. La laitue a besoin d'oxygène pour mettre en place ses racines : le sol doit être aéré, non tassé et non hydromorphe. Elle pousse bien dans les sols légers mais fertiles, riches en matière organique. Le pH optimal du sol est de 6.7 à 7.2. Le système racinaire peu profond de la laitue exige une irrigation stricte et contrôlée. La gestion de l'humidité du sol pendant la période de croissance est très importante et délicate. Une période de stress hydrique, même courte, peut irrémédiablement nuire à la qualité de la plante.

LETTUCE is a plant that has a short growing cycle and it can be produced at different times of the year: in the spring (planted in February-March); summer (planted in April to June); or winter (planted in August-September)... There are two types of cropping systems: open-field cultivation, which corresponds to lettuce plants or seedlings grown in the open field for the amateur market and sheltered production (greenhouses, tunnels), which corresponds to the seedlings destined for the professional market. During germination, temperatures of between 7°C and 24°C are required. The optimum germination temperature is 20°C. At temperatures higher than 25°C., there is little or no germination and below 7°C., root growth and the roots' capacity to absorb water from the soil are seriously curtailed. The lettuce requires oxygen for root formation: the soil must be aerated, uncompacted and with no excess water. It grows well in light fertile soils, with a good organic content. The optimum pH is 6.7 to 7.2. The shallow rooting system of the lettuce requires very precise and controlled irrigation. Managing the soil moisture content during the growing period is quite a delicate and very important task. Periods of plant water stress, even of short duration, can cause immediate harm to the quality of the plant.

Dans ce numéro nous publions un essai d'irrigation goutte-à-goutte sur la laitue sous tunnel froid dont le but est de comparer 2 techniques d'irrigation de salade sous abri : la conduite goutte-à-goutte et la conduite micro-aspersion ; d'améliorer l'efficacité de l'irrigation en conduite goutte-à-goutte pour obtenir une salade de qualité supérieure à la conduite micro-asperseur (poids, homogénéité) ; de réaliser un bilan économique et phytosanitaire des deux conduites.

In this edition, we will be publishing the results of a drip irrigation test carried out on lettuce grown in polytunnels, with the aim of comparing 2 irrigation techniques used for lettuces cultivated under protected conditions: drip irrigation method and micro-sprinkler method; improving the efficiency of drip irrigation techniques in order to obtain lettuces of better quality than those produced with the micro-sprinkler technique (weight, homogeneity); assess the economic and plant-health results of the two systems.



© AVGUL BULTÉ - HTTP://FR.FOTOLIA.COM/

Description de l'essai

Données culturales : • Espèces : Frisée / Scarole.

- Tunnels plastiques de 920 m² (8 m x 118 m) orientés Nord-Sud.
- Précédent cultural : aubergine (été 2005), salade (hiver 2005).
- Date de plantation : 26 janvier 2006.
- Date de récolte : 12 avril 2006.
- Densité de plantation : 10 p/m² (40 cm entre plants ; 25 cm entre rang).
- Pas de paillage plastique - Désinfection vapeur à l'automne 2005.
- Chauffage basse température.

Dispositif. Deux tunnels côte à côte ont été irrigués avec deux types de matériels d'irrigation :

- **Tunnel A** (salade frisée) équipé d'une micro-aspersion pendulaire tête en bas, type Rondo, buse blanche ailette verte, débit 134 l/h, esp. 3x4 m double rampe. Pluviométrie : 11,16 mm/h.

Description of the test

Crop data : • Species : Curly-leaved / Escarole or Batavia.

- Plastic tunnels of 920 m² (8 m x 118 m) in a North-South direction.
- Previous cropping: aubergines (summer 2005), lettuces (winter 2005).
- Plantation date : 26th January 2006.
- Harvesting date : 12th April 2006.
- Planting density: 10 p/m² (40 cm between plants ; 25 cm between rows).
- No plastic mulching - Steam disinfection in autumn 2005.
- Low temperature heating.

Apparatus. Two tunnels side-by-side were watered with two types of irrigation equipment :

- **Tunnel A** (curly-leaf lettuce) equipped with a drop-down suspended sprinkler head, of the Rondo type, white nozzle with green spinner; flow rate 134 l/h, spacing 3 x 4 m., 2 laterals. Precipitation rate: 11.16 mm/h.

- **Tunnel B** (salade scarole) équipé de gaine souple T-Tape épaisseur 150 μ , esp. 0,20 m x 0,50 m, débit à 0,9 l/h, pluviométrie 9 mm/h. Ce tunnel est aussi équipé d'un système d'aspersion identique au tunnel précédent qui ne doit normalement pas être utilisé pour l'irrigation.

Mesures effectuées :

- Analyse de sol granulométrique pour déterminer la réserve utile.
- Contrôle des débits et volumes d'irrigation sur les deux modalités par compteur volumétrique.
- Suivi tensiométrique dans le sol pour les deux modalités :
 - 2 Sondes Watermarck (10, 20 cm),
 - 3 Sondes Humitron (10, 20, 30 cm).
- Pesée des salades en récolte : 2 séries de 15 salades pour chaque modalité.
- Notation de la qualité phytosanitaire.

Analyse de sol

L'analyse granulométrique du sol a permis de caractériser une texture fine argilo-sableuse avec 23,3 % d'argiles et 22,7 % de limons. Selon les valeurs calculées sur le triangle des textures par H.ARNAL (BRL 1984), la RFU (Réserve Facilement utilisable) est de 1 mm d'eau/cm d'épaisseur de sol. Pour une profondeur d'enracinement de la salade de 40 cm maximum, une RFU de 40 mm est donc confortable. Les doses d'irrigation ont été appliquées en conséquence.

Suivi et analyse de l'irrigation

La consultation des sondes tensiométriques a été mise à disposition du producteur pour le pilotage des irrigations. Un contrôle hebdomadaire a été réalisé par les techniciens. Les irrigations ont été faites en fonction des données tensiométriques de chacune des modalités.

Modalité aspersion.

Le plein du sol a été réalisé avec deux irrigations de 33 mm et 39 mm. Cette dose de 72 mm est largement supérieure à la RFU de 40 mm calculée à partir de l'analyse de sol. Cette pratique est courante, elle permet de compenser les zones d'hétérogénéité de l'irrigation par aspersion.

- **Tunnel B** : (escarole lettuce) equipped with flexible T-Tape 150 μ thick; spacing 0.20 m x 0.50 m, flow rate 0.9 l/h, precipitation rate 9 mm/h. This tunnel is also equipped with a sprinkler system identical to the one in the other tunnel, which should not normally be used for the irrigation.

Procedures adopted:

- Particle size analysis of the soil to determine the available soil water storage capacity.
- Check the flow-rates and volumes of irrigation water used with the two test procedures, by using a water meter.
- Monitor the soil water tension for both procedures:
 - 2 Watermark Probes (10 - 20 cm),
 - 3 Humitron Probes (10 - 20 - 30 cm).
- Weight of the lettuces at harvest: 2 batches of 15 lettuces for each procedure.
- Note the plant health level.

Soil analysis

The soil particle size analysis test enabled the team to identify a sandy-clay soil texture with 23.3% clay and 22.7% silty loam. According to the values calculated on the soil-texture triangle by H. ARNAL (BRL 1984), the readily available soil water reserve

(RASWR) is 1 mm water/cm of soil depth. Considering a maximum rooting depth for the lettuce of 40 cm, a RASWR of 40 mm is, therefore, quite satisfactory. The irrigation doses were applied accordingly.

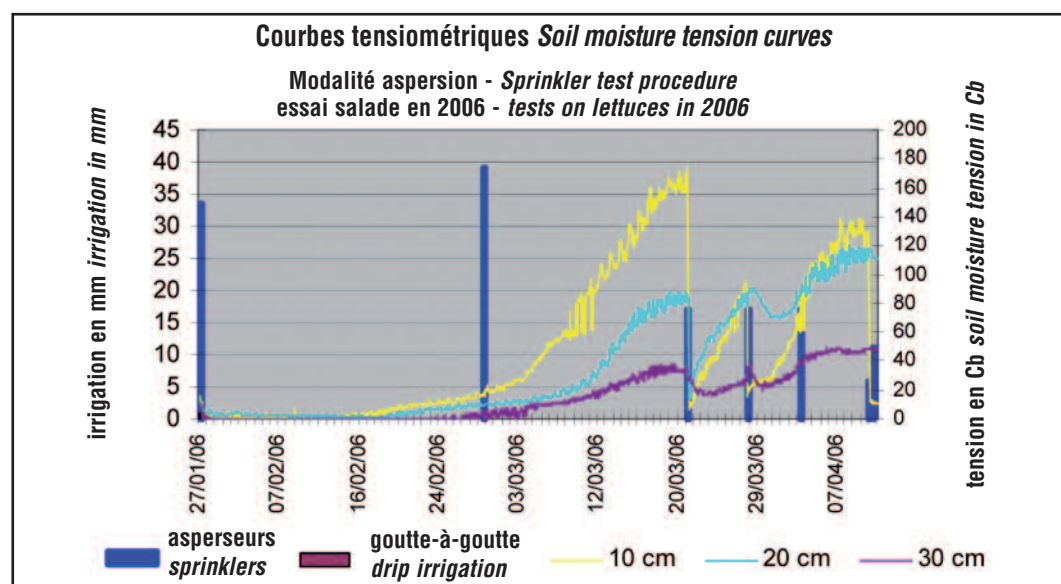
Date	Irrigation	Mm
28 Jan	3h	33.5
01 Feb	3h30	39
21 Mar	1h30	17
28 Mar	1h30	17
03 Apr	1h30	17
10 Apr	0h30	5.75
11 Apr	1h	11.16
12 Apr	1h	11.16
TOTAL	14h	151.57

Monitoring and analysis of the irrigation

The data provided by the tensiometer probes was placed at the disposal of the producers for their irrigation scheduling. Weekly checks were made by the technicians. Irrigation amounts were applied according to the soil tension information obtained for each method.

Sprinkler test procedure

Two irrigations of 33 mm and 39 mm were applied to achieve soil water capacity. This dose of 72 mm is far higher than the RASW of 40 mm calculated from the soil particle size analysis. This practice is ongoing, allowing for the differences in the zones to be made up with sprinkler applications.



Un mois après plantation (à partir de fin février), l'augmentation des besoins des plantes se traduit par l'augmentation des courbes tensiométriques (assèchement du sol). Le déclenchement d'une première irrigation de 17 mm a été réalisé le 22 mars (8 semaines après plantation), lorsque les tensions à 30 cm ont atteint 40 Cb. On remarque que la tension à 20 cm est déjà à plus de 80 Cb. Les courbes chutent sans atteindre la saturation en profondeur, la dose est donc bien adaptée. Ensuite, les courbes remontent immédiatement, ce qui est en lien direct avec l'augmentation des besoins en eau dus au grossissement des plantes. Une deuxième irrigation de 17 mm est déclenchée une semaine plus tard (28 mars). Cette irrigation permet de ralentir la progression des tensions pendant quelques jours, puis de nouveau les courbes progressent fortement : les besoins en eau sont en augmentation. L'activité photosynthétique des plants augmente en rapport avec l'augmentation de la durée du jour et des températures. Une troisième irrigation de 17 mm est effectuée le 3 avril. Cette irrigation n'influence pas les courbes tensiométriques et le sol continue de s'assécher : la courbe 30 cm dépasse les 40 Cb, et la courbe 20 cm atteint les 120 Cb. Trois bassinages sont réalisés juste avant récolte pour rafraîchir les salades.

Conclusion modalité aspersion. Les courbes tensiométriques ont réagi après chaque irrigation : on constate que les tensions ont toujours baissé suite à un apport d'eau, sans saturer le sol en profondeur. Ceci montre que les doses d'irrigation ont bien été ajustées aux besoins. Le niveau élevé des tensions en fin de culture montre que les réserves du sol ont bien été exploitées jusqu'en profondeur (45 cb à 30 cm). Les salades ont eu un grossissement normal et sont arrivées à maturité sans problème de bordage. Le volume total utilisé sur cette modalité a été de 151 mm.

One month after planting (from the end of February), the increase in the plant water requirements converts into an increase in the soil moisture tension curves (drying-out of the soil). The first irrigation application of 17 mm was started on 22nd March (8 weeks after planting), when the soil water tension or suction pressure had reached 40 Cb at 30 cm. It should be mentioned that the soil water tension had already reached 80 Cb at 20 cm. The curve of the graph goes down without the deeper soil becoming saturated, so the amount applied is appropriate. The curve then immediately begins to rise again, which is directly correlated with the increase in the crop water requirements due to the plants reaching the growth stage. A second irrigation application of 17 mm was started one week later (28th March). This application slowed down the progression of the soil moisture tension curve for a few days, then, once again, the curves begin to rise sharply: the plant water requirements are increasing. The photosynthetic activity of the plant rises in keeping with the longer days and increase in temperature. A third irrigation dosage of 17 mm was applied on 3rd April. This application did not have any effect on the soil moisture tension curves and the soil continued to dry out: the 30 cm curve went above 40 Cb and the 20 cm curve reached 120 Cb. Three soakings were applied just before the harvest to freshen up the lettuces.

Conclusion for the sprinkler procedure. The soil moisture tension curves reacted sharply after each irrigation: it can be observed that the soil tension readings always dropped after an irrigation application, without saturating the deeper soil. This shows that the irrigation amounts applied correspond to the requirements. The high soil tension levels at the end of the growing season show that the soil water reserves have been well exploited to a reasonable depth (45 cb at 30 cm). The lettuces have grown and developed normally and they reached maturity without any problems of leaf tip burn. The total volume of water used on this method was 151 mm.

Modalité goutte-à-goutte

Sur cette modalité, le plein du sol a été réalisé avec trois irrigations, dont une au goutte-à-goutte (18 mm) et deux à aspersion (2,79 mm et 11,16 mm). Les deux irrigations par aspersion ont été déclenchées par le producteur surtout pour prévenir les effets de bordage durant une période de fort mistral.

Une irrigation complémentaire de 13,5 mm au goutte-à-goutte a été réalisée le 10 février. Celle-ci n'est pas justifiée par rapport aux besoins des

plantes (les tensions sont encore en dessous de 20 Cb) mais elle a été réalisée pour des raisons d'organisation d'exploitation. En effet, la gaine n'ayant pas été enterrée, elle subit les contraintes thermiques et se dilate en serpent. Pour garder une homogénéité d'irrigation, le producteur a été obligé de la replacer avant chaque arrosage, et prévoyant un manque de temps courant le mois de mars, il a préféré anticiper les besoins des plantes. Cette irrigation peut donc être comptabilisée dans le plein du sol.

Calendrier des irrigations <i>Irrigation schedule</i>		
Date	Irrigation	Mm
28 Jan	15 min sprinkler	2.79
30 Jan	2h drip	18
01 Feb	1h sprinkler	11.16
10 Feb	1h30 drip	13.5
23 Mar	1h drip	9
12 Apr	1h30 drip	13.5
	1h drip	9
	1h drip	9
TOTAL	1h15 sprinkler, 8h drip	85.95

Drip irrigation test procedure

With this method, the soil water capacity was achieved with three irrigations, one being applied by the drip system (18 mm) and two by sprinkling (2.79 mm and 11.16 mm). The two sprinkler irrigations were applied by the producer mainly to prevent leaf tip burn during a period of mistral winds. An additional irrigation amount of 13.5 mm was applied by using the drip method on 10th February. This was not justified by the plant water requirements (the soil tension levels were still below 20 Cb), but it was carried out for operational reasons. In fact, with the drip tape not being buried, it was subject to high heat stress levels and it became distended and twisted. In order to achieve irrigation uniformity, the producer was forced to replace it before each irrigation, and, making provision for a lack of free time during the month of March, he preferred

to anticipate the plant's requirements. This irrigation can, therefore, be considered as part of the soil water capacity. The total volume required for achieving soil water capacity with this method was, therefore, 45.5 mm, which is close to the readily available soil water content and lower than the volume used with the sprinkler method. From the beginning of March (8 weeks after planting), the soil was progressively allowed to become drier in all three cases, vis-à-vis the consumption of the plants. One irrigation of 9 mm was applied on 23rd March.

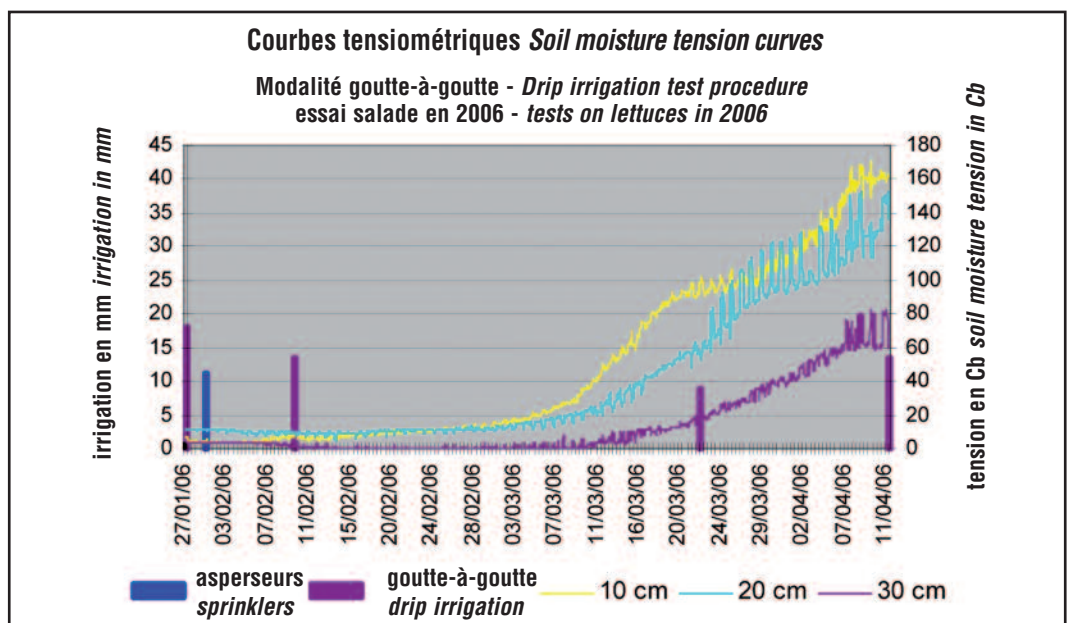


© ART PHOTO PICTURE - HTTP://FR.FOTOLIA.COM

Le volume total pour la réalisation du plein du sol sur cette modalité est donc de 45,5 mm, ce qui est proche de la RFU du sol et inférieur au volume sur la modalité aspersion. À partir de début mars (8 semaines après plantation), l'assèchement du sol se fait de façon progressive dans les trois horizons en rapport avec la consommation des plantes. Une irrigation de 9 mm est effectuée le 23 mars. Cette irrigation de faible dose n'influence pas les courbes qui

continuent d'augmenter : la courbe 30 cm est à 20 Cb et la courbe 20 cm atteint les 60 Cb. La dose peut être considérée comme insuffisante. La consommation des plantes se poursuit et fait progresser les tensions. Alors que le producteur ne pensait pas irriguer, à l'approche de la récolte (12 avril), les tensions sont très élevées (120 Cb à 20 cm et 80 Cb à 30 cm) témoignant d'un sol en déficit hydrique. Trois irrigations au goutte-à-goutte sont réalisées pour éviter des problèmes de bordage.

Conclusion. Les courbes tensiométriques montrent un profil un peu différent sur cette modalité : la réaction des courbes aux irrigations est moins marquée et les tensions ont été dans l'ensemble plus élevées que sur la modalité en aspersion.



This small amount did not influence the graph curves, which continued to rise: the 30 cm curve being at 20 Cb and the 20 cm one reaching 60 Cb. The dosage could be considered as insufficient. The plants' consumption continued and the soil tension readings continued to go up. Although the producer had not intended to irrigate, with harvest approaching (12th April), the soil tension readings were very high (120 Cb at 20 cm and 80 Cb at 30 cm), showing that the soil was in a state of water deficit. Three drip irrigations were applied in order to prevent the problem of leaf tip burn.

Conclusion. The soil tension graph curves are slightly different for this test method: the reaction of the curves to the irrigations is less noticeable and the soil tension readings have, generally, been higher than those of the sprinkler method.

Le pilotage de l'irrigation a cependant bien été adapté et a permis d'utiliser les réserves du sol en profondeur puisque le grossissement des plantes s'est fait de façon normale comme dans la modalité aspersion. Les sondes tensiométriques se sont avérées particulièrement utiles sur les dernières semaines de la culture. En effet, le producteur ne pensait pas arroser en fin de culture alors qu'il y a eu un dessèchement important (plus de 100 Cb en surface) difficile à corriger même avec des arrosages importants. Ceci lui a permis par ailleurs de corriger ses arrosages sur les tunnels voisins et lui éviter des problèmes de bordage. Le volume total utilisé sur cette modalité est de 86 mm, ce qui est inférieur à la modalité aspersion.

Analyse de la production

Au 12 avril, les salades sont arrivées à maturité dans les deux modalités avec un cycle de 77 jours. Les récoltes de frisées et scaroles se sont faites en même temps.

Résultats <i>Results</i>	Modalité goutte-à-goutte SCAROLE <i>Drip irrigation test procedure ESCAROLE</i>		Modalité aspersion FRISÉES <i>Sprinkler test procedure CURLY-LEAVED</i>	
	Série 1 <i>Batch1</i>	Série 2 <i>Batch2</i>	Série 1 <i>Batch1</i>	Série 2 <i>Batch2</i>
Poids moyen (en g) <i>Average weight (in g)</i>	772.0	843.3	813.3	722.7
Écart-type <i>Average deviation</i>	140.9	135.4	130.7	110.7

Les poids moyens des scaroles et des frisées sont comparables malgré une conduite d'irrigation différente. On note une certaine variabilité des poids mesurés au sein d'un même tunnel: l'écart-type moyen va de 110,7 à 140,9 g, ce qui est assez important. Cet écart type est comparable entre les deux modalités de l'essai et n'est donc pas attribuable au facteur irrigation.

Qualité de la production. Les salades récoltées présentent un beau volume, satisfaisant pour le producteur dans les deux modalités. La coupe a été très saine du dessous (pas de pourriture ou de nécroses). On note un léger bordage extérieur sur feuilles de scarole (modalité goutte-à-goutte) mais qui n'a pas provoqué de déchets. L'assèchement du sol en fin de culture dans cette modalité est sans doute à l'origine de cette observation. Aucun signe de montaison n'a été noté dans les deux tunnels. Le chauffage au sol, en réduisant les écarts de température Jour/Nuit caractéristiques de la saison, a sans doute permis de limiter le problème de montaison, surtout sur scarole qui y est assez sensible. La culture n'a pas eu de problèmes phytosanitaires et n'a reçu que 2 traitements dont un antibotrytis et un insecticide, ce qui est peu par rapport aux traitements préconisés habituellement sur ces cultures. La présence du chauffage permet sans doute d'assainir l'environnement de la salade en limitant l'humidité.

En conclusion, il n'y a pas de différence significative au niveau de la qualité des salades récoltées entre une irrigation au goutte-à-goutte et une irrigation par aspersion. À la vue du moindre volume d'eau utilisé sur la modalité goutte-à-goutte (- 65 mm par rapport à l'aspersion, soit 43 % d'économie d'eau), l'irrigation goutte-à-goutte apparaît plus efficiente que l'aspersion pour une qualité de culture identique.

The irrigation management has, nevertheless, been adapted and has allowed for the soil water reserves to be used at a greater depth because the plants have developed normally, as with the sprinkler procedure. The soil tension probes proved to be particularly useful over the last few weeks of the plant's growing cycle. In fact, the producer had not really intended to irrigate at the end of the cycle even though the soil had dried out significantly (more than 100 Cb at the surface), which was difficult to correct, even by applying large amounts with the sprinkler. This also enabled him to adjust the irrigations in the neighbouring tunnels and thus avoid the problem of leaf tip burn. The total volume used with this procedure was 86 mm, which is less than that of the sprinkler method.

Production analysis

On 12th April, the lettuces reached maturity under both test procedure, with a cycle of 77 days. The escarole and curly-leaved varieties were harvested at the same time.

The average weight of the escaroles and curly-leaved varieties are comparable, despite the fact that different irrigation methods were used. There was a certain variability between the weights measured within the same tunnel: the average variation ranging from 110.7 to 140.9 g, which is quite significant. This average deviation figure is similar for both test methods and thus it cannot be attributed to the irrigation factor.

Quality of production. *There was a good volume of lettuces obtained by the producer when they were harvested, under both methods. The cut cross-section was very healthy (no rot or necrosis). There were some faint signs of leaf tip burn on the outside of the leaves of the escarole (drip method), but this did not lead to any wastage. The drying-out of the soil at the end of this method is obviously the cause of this flaw. There was no sign of the lettuces going to seed in either of the two tunnels. The heating of the soil, which reduces the season's characteristic Day/Night variations, without doubt enabled the producers to control this problem (bolting), especially with regard to the escarole, which is quite sensitive. The crop had no plant health problems and only received 2 treatments, an antibotrytis fungicide and an insecticide, which is very little compared to the treatments normally recommended for these crops. The heating system, without doubt, helped to improve the environment where the lettuces were grown by reducing the humidity.*

In conclusion, *there is no real difference in the quality level of the lettuces harvested under the drip irrigation or sprinkler irrigation systems. In view of the smaller amount of water used with the drip irrigation method (-65 mm compared with sprinkling, i.e. a 43% saving on water), it would appear that the drip system is more efficient than the sprinkler system, the quality of both crops being identical.*

Estimation de la rentabilité de l'irrigation goutte-à-goutte

L'irrigation au goutte-à-goutte a montré une économie d'eau de 43 % par rapport à l'aspersion. Pour obtenir un gain financier, il faudrait que le coût engendré par la mise en place du goutte-à-goutte (gaine et main-d'œuvre) soit compensé par le coût de l'eau et/ou de l'énergie de pompage.

Coût de l'équipement goutte-à-goutte

Coût moyen de la gaine = 0,04 €/m. linéaire

Pour un tunnel de 8 m x 118 m avec 15 lignes de gaine,

Estimation :

$118 \times 15 \times 0,04 \text{ €} = 70,8 \text{ €/tunnel}$

Pour 1 ha avec 10 tunnels, investissement gaine/ha = 708 €

Coût de main-d'œuvre

Temps de pose : 4 heures pour poser 15 lignes dans un tunnel de 920 m² et réaliser les branchements.

Ce temps peut être réduit en mécanisant la pose au moment de la plantation.

Estimation : 4 heures x 13,5 €/h = 54 €/tunnel

Pour 1 ha avec 10 tunnels, coût main-d'œuvre/ha = 540 €

Gain de pompage

Sur cette exploitation, l'irrigation des cultures se fait à partir d'un forage où l'eau est pompée.

• Caractéristiques de la pompe :

capacité de 20 m³/h - puissance de 11 kW.

• Abonnement EDF : Tarif EJP souscription 36 KVA soit abonnement de 547,85 €/an.

• Coût du KWH :

heure pleine, 0,5367 €/kw/h, heure creuse, 0,1068 €/kw/h.

• Hypothèse heure creuse pour les 2 modalités :

- aspersion :

$14 \text{ heures} \times 11 \text{ kW} \times 0,1068 \text{ €/KWH} = 16,447 \text{ €}$

- goutte-à-goutte :

$(9\text{h}15) \times 11 \text{ kW} \times 0,1068 \text{ €/KWH} = 10,759 \text{ €}$

Du fait d'une moindre consommation d'eau, le gain électrique de la modalité goutte-à-goutte est de $16,447 - 10,749 = 5,69 \text{ €}$

La pompe fonctionne pour plusieurs tunnels en même temps.

Pour 1 ha, si on a 2 blocs de 5 tunnels arrosés en même temps, on peut donc économiser $5,69 \text{ €} \times 2 = 11,38 \text{ €/ha}$

La gaine peut être conservée sur 2 rotations de salade, le gain sera alors de : $11,38 \text{ €} \times 2 = 22,76 \text{ €/ha}$

Cette économie d'énergie ne justifie pas à elle seule l'investissement d'équipement de la gaine.

Gain sur l'eau

La loi sur l'eau prévoit pour 2013*, un coût sur la zone de la nappe de la Crau de 0,003 €/m³ pompé, pour un seuil minimum de 10000 m³ pompé sur l'année par exploitation. Dans cette hypothèse, l'économie de 65 mm d'eau obtenue avec la modalité goutte-à-goutte correspond à 650 m³/ha (1 mm = 10 m³/ha).

L'économie financière sur l'eau est donc de :

$650 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0,003 \text{ €/m}^3 = 1,95 \text{ €/ha}$.

Sur 2 rotations l'économie serait de : 3,90 €/ha.

Evaluating the cost-effectiveness of drip irrigation

Drip irrigation produced a saving on water of 43% compared to the sprinkler method. In order to obtain a financial gain, then the cost generated by the installation of a drip irrigation system (driplines and labour) has to be compensated by the cost of the water and/or the energy used for pumping.

Cost of the drip irrigation equipment

Average cost of the drip tube = 0.04 €/linear m.

For a tunnel measuring 8 m x 118 m with 15 drip lines.

Estimated cost:

$118 \times 15 \times 0.04 \text{ €} = 70.8 \text{ €/tunnel}$

For 1 ha with 10 tunnels, the investment per tube/ha = 708 €

Cost of labour

Installation time: 4h for laying 15 lines in a tunnel measuring 920 m² and also the connections.

This time can be reduced by mechanising the laying process when the lettuce is planted.

Estimated cost: 4 h x 13.5 €/h = 54 €/tunnel

For 1 ha with 10 tunnels, the labour cost / ha = 540 €

Financial gains obtained in the pumping budget

At this site, the crops are irrigated with water that is pumped from a borehole.

• Features of the pump:

capacity of 20 m³/h - Power rating of 11 kW. EDF (Electricity)

• charge: EJP rate charged at 36 kVA, i.e. a charge of 547.85 €/year.

• Cost per KWH:

peak rate, 0.5367 €/kw/h, off-peak rate, 0.1068 €/kw/h.

Assuming an off-peak rate for the 2 methods :

- sprinkling:

$14 \text{ h} \times 11 \text{ KW} \times 0.1068 \text{ €/KWH} = 16.447 \text{ €}$

- drip irrigation:

$(9\text{h}15) \times 11 \text{ KW} \times 0.10689 \text{ €/KWH} = 10.749 \text{ €}$

As less water is consumed, the gain in electricity used with the drip irrigation method is $16.447 - 10.749 = 5.69 \text{ €}$

The pump operates several tunnels at the same time. For 1 ha,

if there are 2 blocks of 5 tunnels irrigated at the same time, then the saving will be $5.69 \text{ €} \times 2 = 11.38 \text{ €/ha}$

The drip tape could be kept for 2 salad crops, so the financial gain will then be: $11.38 \text{ €} \times 2 = 22.76 \text{ €/ha}$

This saving on energy does not, in itself, justify the investment in drip tape equipment.

Savings on water

The Water Act stipulated a tariff for 2013* of 0.003 €/m³ pumped, with a minimum threshold of 10,000 m³ pumped per year per site. Thus, on this assumption, the 65 mm of water saved with the drip irrigation method corresponds to 650 m³/ha (1 mm = 10 m³/ha).

The financial gain for the water aspect is, thus:

$650 \text{ m}^3/\text{ha} \times 0.003 \text{ €/m}^3 = 1,95 \text{ €/ha}$.

With two lettuce crop rotations, the saving will be 3,90 €/ha.

* Source coûts 2013 : matériels sociétés A (13), tarif ESP site internet EDF, main-d'œuvre station La Pugère (13), redevance eau CA13.

Conclusion

On constate que les coûts sont largement supérieurs aux gains. D'un point de vue économique, la pratique du goutte-à-goutte n'est pas rentable. L'essai nous a permis de montrer que la culture avec le goutte-à-goutte permettait d'arriver à une production de même qualité qu'avec l'aspersion sur des parcelles non paillées. Son intérêt technique et environnemental est réel :

- meilleure gestion de l'eau,
- possibilité de pratiquer la ferti-irrigation en goutte-à-goutte.

Conclusion

It can be seen that the costs are generally higher than the benefits gained. From a financial viewpoint, the drip irrigation method is not cost-effective. The test has enabled us to prove that a crop grown under drip irrigation allows for a crop to be produced of the same quality as a crop using sprinklers on non-mulched plots. There is a real technical and environmental benefit, namely:

- better water management,*
- the possibility of carrying out fertigation via the drip system.*

COÛTS COSTS		GAINS BENEFITS	
Achat gaine <i>Purchase of tape</i>	708 €/ha	Électricité de pompage <i>Electricity used for pumping</i>	22.76 €/ha
Main-d'œuvre (pose et dépose) <i>Labour (installation and removal)</i>	540 €/ha	Économie d'eau <i>Saving on water (estimated)</i>	3.90 €/ha
TOTAL	1248 €/ha		26.66 €/ha

La pratique du goutte-à-goutte sur la culture de salade d'hiver peut s'intégrer dans une politique de réduction des intrants. Sur une culture paillée, où le contexte phyto-sanitaire est plus délicat à maîtriser (humidité stagnante au niveau des feuilles en contact avec le paillage, et humidité créée par l'aspersion sur les feuilles), il serait intéressant de vérifier que la conduite en goutte-à-goutte permet de mieux maîtriser la qualité sanitaire.

The practice of using the drip irrigation method for lettuce crops could be assimilated into a policy that reduces the inputs.

With a mulched crop, where the plant health aspect is more difficult to control (creating damp stagnant areas around the leaves that are in contact with the mulch, and dampness created by sprinklers spraying water onto the leaves), it would be worthwhile to check whether using the drip irrigation method would allow for a better management of the plant's health.