

Focus

Le goutte à goutte enterré : une solution innovante pour irriguer sous conditions restrictives en eau

La mise en œuvre de techniques d'irrigation innovantes telles que le goutte à goutte enterré est la solution adoptée par la plupart des pays confrontés aux problèmes de pénurie d'eau en raison de sa très bonne efficacité. De plus en plus de régions françaises étant soumises à des restrictions d'eau, sa possible utilisation pour irriguer les grandes cultures est à l'ordre du jour.

La technique du goutte à goutte enterré a fait son apparition aux États-Unis il y a déjà plus de deux décennies (Camp, 1998). Cependant, les matériels utilisés généralement constitués de tuyaux poreux s'avéraient peu performants car très vulnérables au colmatage et aux intrusions racinaires. Cet état de fait a pu être confirmé à la faveur d'essais conduits à Montpellier à la fin des années 1980. L'apparition de nouveaux matériels réputés plus performants a incité l'Irstea à réaliser des expérimentations afin d'analyser leur application possible au contexte des grandes cultures telles que le maïs lorsqu'elles sont soumises à des conduites hydriques restrictives.

Une technique connue mais des équipements innovants

Les nouveaux équipements goutte à goutte, en particulier les gaines en polyéthylène diffusées par certains fabricants ont bénéficié de perfectionnements qui permettent de les enterrer (photo 1), à une profondeur inférieure à celle du labour (30 cm environ). En effet, ces gaines sont équipées de goutteurs (espacés de 30 à ou 40 cm, en général) présentant un débit qui reste proche du débit nominal, et avec une bonne uniformité, lorsqu'ils fonctionnent dans la plage de variation de pression (0,5-1 bar) recommandée par le fabricant. Le caractère innovant de cet équipement réside dans le fait qu'il s'oppose à l'intrusion dans les goutteurs des particules du sol et des racines. De plus, les goutteurs sont dotés d'un système anti-siphon et la gaine se vidange automatiquement sitôt l'eau coupée. Ces caractéristiques les éloignent des systèmes testés il y a plus de vingt ans en France, comme les tuyaux poreux. Enfin, d'après les constructeurs, la durée de vie serait de l'ordre de quinze ans pour ce SDI. Dans la mesure où cette durée peut être effectivement atteinte, le SDI surpasserait largement d'un point de vue économique la technique du canon enrouleur selon Lam et Trooien (2003), surtout si l'on se situe dans la partie basse de la fourchette de prix affichée par les fabricants (entre 2 500 et 5 000 euros/ha).

Les avantages

Économie d'eau

L'efficacité (calculée à partir du rapport entre la quantité d'eau mise à disposition des racines de la culture et de la quantité appliquée par l'équipement d'irrigation) généralement annoncée pour le goutte à goutte de surface (GAG) est de 90 % ; ce niveau est largement atteint, voire dépassé, avec le SDI. La présence d'un système de peigne collecteur en addition du peigne d'alimentation des gaines (comme indiqué sur la figure 1 qui représente une installation type) favorise un maintien au cours du temps d'une efficacité ainsi que d'une uniformité d'application élevées. En effet, ce peigne permet en particulier une maintenance plus aisée du dispositif (notamment pour les contrôles et des purges). Un des avantages attribués au SDI est la réduction de l'évaporation du sol (ES). Il est cependant à nuancer car il dépend de la date de début des irrigations. L'effet réducteur de ES sera d'autant plus limité que le début des irrigations sera tardif, à un stade où la plante a sa surface foliaire bien développée (indice foliaire > 3). L'économie d'eau engendrée par le SDI par rapport à l'aspersion, a été évaluée par modélisation (Mailhol *et al.*, 2009). Si l'on considère l'efficacité du canon enrouleur, système d'aspersion le plus répandu en France, qui peut atteindre 90 % (Cemagref *et al.*, 1999), en l'absence de vent et moyennant une régulation automatique efficace, le passage au SDI générerait une économie d'eau de 17 % dans les conditions climatiques de Montpellier, soit un à deux passages de canon lors d'un printemps peu pluvieux.

Économie de main d'œuvre

Mais l'avantage majeur à mettre au crédit du SDI est l'économie de main-d'œuvre rendue possible par la programmation des arrosages. En outre, le SDI permet le travail du sol et tous les travaux culturaux sans avoir à démonter ou à déplacer le matériel comme c'est le cas avec certains systèmes d'aspersion, avec la couverture



● Dispositif goutte à goutte enterré ou SDI (*Subsurface drip irrigation*) en place et goutteur d'une gaine souple en fonctionnement.

intégrale ou même le canon enrouleur, ce dernier est, en outre, beaucoup plus exigeant en termes d'énergie. En SDI, le risque d'apparition de mauvaises herbes est beaucoup plus faible qu'en aspersion.

Moindre impact environnemental

Les risques techniques peuvent être mieux maîtrisés. De par son principe même, la technique permet (fertigation) de délivrer les nutriments au niveau des racines et les doses d'irrigation classiquement apportées sont faibles par rapport à celles délivrées par le canon enrouleur. La technique SDI minimise donc le risque de drainage et de lixiviation.

Enfin, sans entrer dans la polémique sur les horaires d'irrigation pour lesquels il faut se garder de toute généralisation, on peut noter que l'agriculteur pratiquant le SDI n'est plus concerné par l'accusation de gaspiller l'eau aux heures chaudes en irrigant par aspersion.

Les inconvénients

L'installation du système requiert une attention toute particulière. La surface du sol peut être pentue mais la plus plane possible. On devra s'efforcer de bien positionner la ligne de semis par rapport aux gaines. L'inconvénient majeur est lié à la possible rareté des pluies printanières qui va contraindre l'agriculteur à disposer d'un deuxième système d'irrigation, avec un canon enrouleur pour assurer la levée de sa culture. Ces pluies printanières, en favorisant l'installation du système racinaire, et donc une exploitation des réserves hydriques stockées dans le sol, contribuent largement à accroître l'efficacité agronomique du SDI (Mailhol *et al.*, 2011). Par ailleurs, comme tout système GAG, le SDI n'échappe pas aux risques de colmatage. Aussi, les consignes de filtration et de maintenance doivent-elles être bien respectées et il est recommandé de se doter de moyens de contrôle des pressions dans les conduites pour détecter le colmatage éventuel. L'eau n'étant pas visible et facilement quantifiable comme en aspersion, un minimum d'instrumentation sera nécessaire pour suivre et ajuster les apports d'eau (volucompteur et capteurs d'état hydrique du sol).

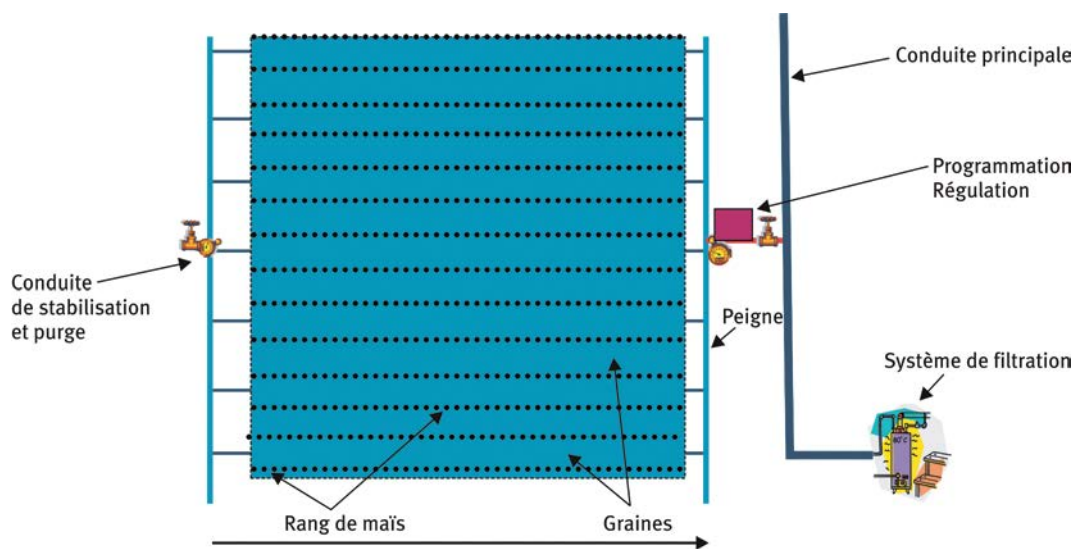
Quant aux problèmes de salinité fréquemment évoqués en GAG dans les pays du Sud, suite à l'usage d'eaux chargées en sels et qui se manifestent par l'apparition de croûtes au voisinage des gaines, il n'existe guère d'autre solution que celle consistant à maintenir en veille le système d'irrigation gravitaire abandonné au profit du GAG pour palier l'insuffisance des pluies hivernales. Enfin, les matériaux utilisés ne sont pas biodégradables, ce qui, pour respecter les contraintes environnementales en fin de vie du SDI, nécessitera une récupération plus ou moins coûteuse des dispositifs enterrés. Le bilan économique doit intégrer le coût de récupération du matériel. Une meilleure valorisation de l'eau, mais des économies d'eau discutables en cas d'accroissement des productions irriguées

Nul ne conteste le fait que le goutte à goutte, et plus particulièrement le SDI, permet de bien valoriser l'eau apportée. L'accroissement des superficies irriguées en goutte à goutte de surface dans certaines régions du Maghreb témoigne bien des profits réalisés par les agriculteurs. Toutefois, cet accroissement des superficies, bien souvent associé à un défaut de maîtrise de ces systèmes récemment adoptés, se solde par un abaissement préoccupant du niveau des nappes. Il n'est donc pas exclu qu'en l'absence de processus de régulation de l'offre imposé par exemple par un système de quotas, une technique réputée économe en eau induise des effets allant à l'encontre des objectifs escomptés par les gestionnaires de l'eau. Ainsi, à surface constante, pourquoi ne pas apporter la quantité d'eau requise pour obtenir le rendement maximal ? En l'absence de toute contrainte hydrique et eu égard à l'effort requis pour irriguer, faible comparativement à l'agriculteur qui doit déplacer un canon enrouleur, la réponse semble évidente.

Résultats issus de nos expérimentations

L'absence de références en France sur les nouveaux matériels disponibles (en particulier les gaines souples) pour le goutte-à-goutte enterré (SDI) en grandes cultures, a incité le centre Irstea de Montpellier à mettre en place un

1 Parcelle expérimentale de SDI.



dispositif expérimental. Son objectif était en particulier d'évaluer l'utilisation du SDI en irrigation déficitaire et la valorisation de l'eau dans les conditions pédoclimatiques méditerranéennes à partir de la collecte d'informations expérimentales prenant en compte en outre des éléments clés, comme les écartements entre gaines, les modes de conduites de l'irrigation ou les contraintes techniques rencontrées. Les résultats sont illustrés ci-après par des comparaisons entre différents SDI et irrigation par aspersion au canon enrouleur obtenues sur maïs en sol limoneux à Montpellier. Le dispositif expérimental SDI (selon le schéma de la figure 1) comportait (en 2009, 2010 et 2011) des gaines souples Chapin (goutteurs espacés de 30 cm et de débit nominal 0,91 l/h à 0,69 b) placées à 35 cm de profondeur, avec des écartements de 1,60 (SDI 160) et 1,2 m (SDI 120) et des gaines John Deere ont été implantées en 2011 (SDI 80). Des traitements de référence non irrigués complétaient cet ensemble.

Trois campagnes climatiquement contrastées quant au régime des pluies printanières ont été retenues : 2008 a connu le printemps le plus arrosé, l'irrigation n'ayant débuté qu'au-delà de la mi-juin, soit un mois plus tard qu'en 2009 et 2011.

La stratégie d'irrigation adoptée visait un rendement en grain objectif de 14 T/ha seulement alors que les potentialités de la variété sont de 18 T/ha. En outre, l'objectif était de tester l'applicabilité du SDI au contexte de « l'irrigation déficitaire » amenant l'agriculteur à apporter des quantités d'eau relativement élevées mais peu fréquentes pour pallier d'éventuelles coupures d'eau. Un calendrier prévisionnel d'irrigation a été établi au moyen de la modélisation (Mailhol *et al.*, 2011) selon une approche adaptative, qui consistait à remettre à jour le calendrier prévisionnel d'irrigation sur la base des doses réellement apportées. Ces dernières résultaient d'une éventuelle correction de la dose prévue afin de réduire tout risque de drainage détectable au moyen d'une batterie de tensiomètres installés à la verticale d'une gaine. Les doses appliquées ont varié de 3 à 30 mm/j environ.

Résultats

Le tableau 1 présente les valeurs de la productivité de l'eau d'irrigation, $WPI(\text{kg de grain}/\text{m}^3) = \Delta R/DA$, où $\Delta R(\text{kg}/\text{ha})$ est l'écart de rendement en grain entre celui du traitement irrigué et celui du traitement en sec, $DA(\text{m}^3/\text{ha})$ étant la dose apportée.

On constate que la productivité de l'eau d'irrigation est supérieure pour SDI, mais WPI décroît sensiblement avec l'écartement des gaines. La pluviométrie (importante en 2008) atténue l'effet espacement et/ou de dissymétrie. Le SDI80 engendre l' WPI la plus élevée, mais cependant proche de SDI120. D'un point de vue économique, son utilisation est cependant réaliste dans un système de rotation associant une grande culture (maïs, blé dur) à une culture à forte valeur ajoutée telle que le melon, par exemple. Concernant la stratégie d'irrigation sous SDI, on a pu montrer que ce système, conçu pour fonctionner « sous faibles doses » à haute fréquence, se révèle aussi capable d'apporter d'importantes quantités d'eau. Les doses les plus élevées n'ont entraîné que des pertes par drainages relativement faibles (évaluées à moins de 10% de la dose totale apportée). Au regard du tableau 1, on peut dire sans trop de risques de se tromper, qu'un SDI150 sous maïs avec des rangs espacés de 75 cm, devrait correspondre à la solution économique optimale sur sol limoneux à Montpellier. Cet espacement est en accord avec les résultats de l'étude de Camp (1998). On note cependant une forte différence entre 120 et 160 en 2011, traitements semés à la même date contrairement à 2009.

Enfin, pour illustrer le rôle du sol, une modélisation adaptée au SDI (Mailhol et Albasha, 2012) permet de montrer qu'en sol sablo-limoneux, où l'extension latérale de la zone humide est plus faible qu'en sol limoneux, il est impossible de dépasser une IWP de 2,23 kg/m^3 avec un SDI120 sans engendrer des risques élevés de drainage. En conséquence, l'aspersion s'avère être la solution recommandable dans ce type de sol. Selon nos essais, l' WPI

pour l'aspersion n'est pas toujours beaucoup plus faible que pour SDI. Elle l'aurait été probablement davantage si on avait utilisé, pour son calcul, les volumes enregistrés au compteur ramenés à la superficie arrosée, et mesuré le rendement total afférent à cette superficie. Il convient toutefois de noter que notre canon enrouleur possède une régulation automatique et qu'il a toujours été utilisé en l'absence de vent.

Conclusion

La technique du SDI peut être recommandée pour irriguer les grandes cultures sur des sols dont la granulométrie évolue des sols argileux à limono-sableux. Dans ces conditions, c'est un écartement des gaines de 1,50m qui s'avère être le plus adapté aux contraintes économiques. La technique peut s'adapter aux pénuries d'eau pouvant engendrer des coupures d'eau prolongées et améliorer très significativement la productivité de l'eau par rapport aux systèmes en aspersion. Son application à des conditions de sols moins favorables (sols de type sablo-limoneux) n'apparaît réaliste, d'un point de vue économique, que dans un système de rotation impliquant des cultures à haute valeur ajoutée. Enfin, l'encouragement au développement d'un tel système en vue de réaliser des économies d'eau pour satisfaire l'ensemble des usagers ne pourra s'avérer efficace sans la mise en place d'un système de quotas. ■

① Productivité de l'eau d'irrigation (WPI) mesurée au centre Irstea de Montpellier sur du maïs en sol limoneux.

Années	Traitements	Dose (mm)	WPI (kg/m ³)	Pluie sur le cycle
	Aspersion	269	2,70	
2008	SDI120	230	3,90 (+ 44 %)	230
	SDI160	240	3,85 (+ 43 %)	
	Aspersion	217	2,95	
2009	SDI120	247	3,75 (+ 27 %)	57
	SDI160	249	3,40 (+ 15 %)	
	6			
	Aspersion	334	3,20	
2011	SDI80	266	4,25 (+ 33 %)	180
	SDI120	250	4,10 (+ 28 %)	
	SDI160	240	3,50 (+ 9 %)	

* Les doses en aspersion sont des hauteurs d'eau moyennes mesurées dans les pluviomètres avoisinant les « placettes de rendement ». Les valeurs des pourcentages (%) des WPI sont les accroissements de la productivité de l'eau calculés par rapport à la référence « aspersion » de l'année considérée.

Les auteurs

Jean Claude MAILHOL, Pierre RUELLE, Cyril DEJEAN et Patrick ROSIQUE

Irstea, centre de Montpellier, UMR-G-EAU
Gestion de l'eau, acteurs et usages
361 rue J.-F. Breton, BP 5095
34196 Montpellier Cedex 5

✉ jean-claude.mailhol@irstea.fr
✉ pierre.ruelle@irstea.fr
✉ cyril.dejean@irstea.fr
✉ patrick.rosique@irstea.fr

EN SAVOIR PLUS...

- 📖 **CAMP, C.R.**, 1998, Subsurface drip irrigation: a review, *Transaction of the ASE*, vol. 41(5), p. 1353-1367.
- 📖 **CEMAGREF et al.**, 1999, (EU GD VI) NIWASAVE european project.
- 📖 **LAM, F.R., TROOIJEN, T.P.**, 2003, SDI for corn production: a review of 10 years of research in Kansas, *Irrig. Sci.*, n° 22, p. 195-200.
- 📖 **MAILHOL, J.-C., RUELLE, P., KHALEDIAN, M.-R., MUBARAK, I., ROSIQUE, P.**, 2009, Systèmes d'irrigation et économies d'eau sous climat méditerranéen : étude expérimentale et modélisation, in : *Durabilité des systèmes de cultures en zone méditerranéenne, Gestion des ressources en eau et en sol*, Actes du symposium AGDUMED, Rabat (Maroc) 15-16 mai 2009, p. 156-165.
- 📖 **MAILHOL, J.-C., RUELLE, P., WALSER, S., SCHUTZE, N., DEJEAN, C.**, 2011, Analysis of AET and yield prediction under surface and SDI, *Agric. Water Manag.*, n° 98, p. 1033-1044.
- 📖 **MAILHOL, J.-C., ALBASHA, R.**, SDICM: a Crop Model for evaluating IWP under SDI, Under review: AGWAT.