

# PILOTAGE DES APPORTS D'EAU EN PLEINE TERRE ET EN HORS-SOL MIEUX GERER ET ECONOMISER

Jean-Luc Regnard, Montpellier SupAgro

**L'irrigation des cultures horticoles est souvent nécessaire, pour des raisons de maîtrise du rendement et de la qualité. L'exposé fera l'état des connaissances sur les besoins des plantes au cours de leur cycle (stades sensibles) et soulignera l'intérêt de différents indicateurs de pilotage des apports d'eau (sol et plante). L'intégration des connaissances et des techniques, pour différents modes de culture, aboutit à une gestion plus économe de la ressource en eau.**

## Le contexte

Le souci de produire mieux et/ou en plus grande quantité justifie le recours à l'irrigation, notamment dans le cadre des systèmes de production agricoles intensifs dont relève généralement l'horticulture. Les motivations d'une meilleure utilisation de l'intrant eau, quelle que soit la culture concernée, sont principalement la raréfaction de la ressource mobilisable, le coût intrinsèque de l'eau, la nécessité de protéger les milieux naturels des pollutions diffuses, et les exigences de qualité relatives aux produits. Dans le contexte actuel, la gestion raisonnée de l'eau dans les cultures est donc d'un enjeu tout à la fois de durabilité économique et environnementale, mais aussi de sécurité alimentaire.

Les trois questions classiques concernant la mise en œuvre de l'irrigation sont : « comment, quand et combien ? » La question « comment » renvoie à des aspects d'équipement et de mode d'apport, qui sont rapidement rappelés. Avec les questions « quand et combien », on est renvoyé à la gestion des apports d'eau pendant le cycle de la plante, qui fait appel au raisonnement et au « pilotage ». Ces méthodes sont souvent inscrites dans les cahiers des charges de production : c'est par exemple le cas de la charte nationale de production fruitière intégrée (PFI), qui stipule que l'irrigation doit « tenir compte des besoins du verger aux différentes périodes de l'année ». L'irrigation mobilise aussi nos connaissances sur les réactions des plantes à un éventuel rationnement de l'alimentation en eau, et aux outils d'appréciation des états du milieu et/ou de la culture que les producteurs sont appelés à s'approprier progressivement. Sur ces domaines, notamment, diverses questions sont aujourd'hui posées à la recherche.

C'est sur ces approches que la communication est centrée, en prenant pour appui les cultures fruitières et légumières, dans différents contextes cultureux.

## Bref rappel sur les méthodes d'irrigation

Pour les cultures en sol - les productions fruitières et les productions légumières de plein champ ou sous tunnel - les méthodes d'apport d'eau sont classiquement les systèmes gravitaires (par submersion, calan, ou raie), l'aspersion (sur ou sous couvert végétal, Photo 1), et l'irrigation localisée (micro-aspersion, mini-diffusion, goutte-à-goutte).



Photo 1 – Aspersion sous frondaison, (cliché J.L. REGNARD)

Pour les cultures hors-sol, la méthode d'apport la plus pratiquée et la plus efficiente est le goutte-à-goutte (photo 2), même si diverses alternatives sont en émergence comme la sub-irrigation pour les cultures ornementales (cf. F. ROBERT, ce colloque), ou divers systèmes d'hydroponie sans substrat pour les cultures légumières.

Au sein d'une même entreprise, il est nécessaire de considérer l'importance de la ressource hydrique disponible, qui peut conditionner le choix du système d'irrigation. L'apport d'eau par aspersion mobilise souvent un débit instantané supérieur à  $30 \text{ m}^3 \text{ hectare}^{-1} \text{ heure}^{-1}$ , ce qui implique généralement de



Photo 2 : Culture de tomate hors-sol avec goutte-à-goutte (cliché JL RE-GNARD)

gérer la ressource selon un « tour d'eau », en l'affectant successivement à différentes parcelles avec des doses importantes apportées tous les 7 à 10 jours. Au contraire, l'apport localisé par goutte-à-goutte n'implique qu'un débit instantané de 3 à 4 m<sup>3</sup> hectare<sup>-1</sup> heure<sup>-1</sup>. L'irrigation est alors quotidienne ou bi-quotidienne sur l'ensemble de parcelles, avec de faibles doses journalières.

Dans le premier cas - apports gravitaires ou par aspersion -, il est coutumier d'assimiler le sol à un réservoir à niveau variable, périodiquement réalimenté, dans lequel la plante puise l'eau nécessaire. La capacité du végétal à puiser l'eau dans ce réservoir dépend de sa disponibilité ; elle diminue fortement quand la « réserve facilement utilisable » est épuisée. La capacité de la plante à s'approvisionner dépend aussi de facteurs génotypiques puisque diverses recherches soulignent une variabilité inter- et intra-espèces. Dans le cas des apports d'eau localisés, le sol ou le substrat (hors-sol) est surtout un milieu de transfert entre le point d'apport d'eau et la racine. La zone humectée, s'il s'agit d'un sol, conditionne la zone d'extension des racines, et son niveau de saturation doit ne varier que faiblement, d'où l'importance d'un suivi attentif de ce niveau (sondes tensiométriques, par exemple, Photo3).

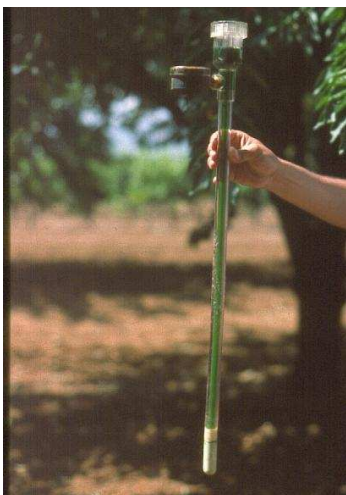


Photo 3 : Tensiomètre à eau (pour tensions de 0 à 90 cb). Cliché JL REGNARD

Quel que soit le système d'apport, l'utilisation de programmeurs et d'électrovannes allège le travail de l'irrigant. Les doses d'eau appliquées sont ainsi mieux maîtrisées, même si cela ne préjuge en rien de la bonne répartition spatiale de l'eau dans la culture plutôt liées à des facteurs physiques (topographie) ou à l'entretien du réseau. L'utilisation de compteurs ou vannes volumétriques est recommandée pour une meilleure maîtrise des doses apportées. Se fonder uniquement sur les durées d'apport est un leurre, car les débits sont souvent dépendants de la pression. Les réseaux de dis-

tribution doivent être conçus pour favoriser une distribution homogène de l'eau à l'échelle parcellaire, et entretenus pour que les débits nominaux soient assurés. Dans le cas du goutte-à-goutte, en particulier, une station de filtration est nécessaire en tête de réseau pour retenir les particules en suspension et éviter le bouchage des goutteurs, et le réseau lui-même doit être nettoyé et purgé annuellement.

Une enquête nationale sur les vergers commerciaux (Agreste, 2003) a révélé la subsistance de pratiques peu respectueuses de la ressource hydrique : apports gravitaires de pleine surface là où la ressource est peu limitante, déficit d'utilisation des outils d'aide à la décision pour le déclenchement des apports et déficit de connaissance ou d'enregistrement des doses et dates d'apport d'eau. L'aspersion sur le couvert reste fréquente en dépit des critiques que l'on peut formuler à l'encontre de ce système : surconsommation d'eau par évaporation directe, occurrence accrue des maladies du feuillage, lessivage des produits phytosanitaires au sol. Quant aux apports d'eau mal raisonnés, ils sont source de lessivage des éléments fertilisants en profondeur (lixiviation de l'ion nitrate), et/ou d'engorgement des sols, avec risque d'anoxie des racines. Pourtant les outils pour progresser existent !

## Les outils de pilotage utilisés par les irrigants

### Cas n°1 : la culture légumière hors-sol

L'eau est ici apportée en excès (15 à 40% par rapport au volume utilisé et transpiré), sous forme de solution nutritive complète. L'excédent de solution draine librement depuis le substrat. La composition de la solution nutritive est définie pour chaque espèce, avec des variations en fonction des stades de la culture. Dans les systèmes ouverts, à solution perdue, le gaspillage d'eau est important, ainsi que l'impact environnemental potentiel.

Dans les systèmes fermés, le recyclage de la solution (voir affiche Ctifl dans ce Colloque), non dépourvu de difficultés techniques, permet d'éviter ce gaspillage. En termes de gestion des apports, l'éventuelle restriction de l'utilisation d'eau par la culture consiste ici à gérer la salinité de la solution nutritive, contrôlée par la mesure de l'électroconductivité ou Ec (en milli-Siemens par cm).

Quand il y a beaucoup d'ions en solution, la salinité s'accroît, et la plante absorbe moins facilement l'eau et les solutés. Le pilotage consiste à gérer la disponibilité de l'eau pour la plante à partir du suivi de la quantité drainée et de l'Ec de ce percolat. On réalise aussi un suivi du pH. En culture de tomate hors-sol, par exemple, le jeune plant en pépinière est endurci par l'accroissement de l'Ec de la solution qui passe de 1,5 à 3 mS cm<sup>-1</sup>.

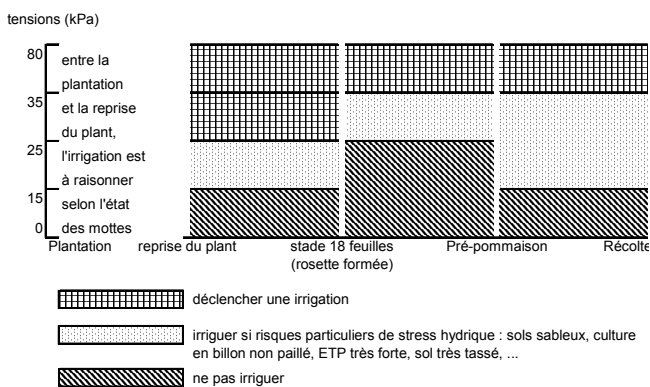
En culture, lors de la reprise du jeune plant, on abaisse d'abord l'Ec à moins de 2 mS cm<sup>-1</sup>. Pendant la culture, la salinité de la solution nutritive est gérée entre deux limites critiques : une trop faible Ec, qui favoriserait à l'excès la croissance des fruits, au risque de favoriser des microfissures épidermiques, et une trop forte Ec, qui pourrait provoquer la coulure des bouquets et une nécrose apicale des fruits.

## Cas n° 2 : la culture légumière hors-sol

Que celle-ci soit pratiquée en plein air ou sous tunnel, l'une des difficultés est d'alimenter régulièrement la culture en eau, sans détremper le sol, ni gaspiller l'eau ou provoquer un lessivage des éléments fertilisants. Un bon exemple est fourni par la laitue : l'enracinement de cette culture étant superficiel, le réservoir dans lequel puise la plante est limité, et les irrigations (aspersion) sont fréquentes. Cette exigence est accrue par les contraintes de marché, puisque le commerce exige un produit sans nécrose marginale des feuilles ; le maraîcher est donc amené à éviter autant que possible le stress hydrique de sa culture.

L'INRA d'Alénya a contribué à mettre au point une grille d'aide à la décision pour conduire l'irrigation raisonnée (figure 1) : elle propose des valeurs seuils de disponibilité de l'eau (mesurée à 15 cm) à respecter en fonction du stade de la culture. La disponibilité de l'eau est mesurée par tensiométrie, ce qui consiste à mesurer les forces de liaison entre l'eau et le sol. Le prix des sondes est très accessible pour les producteurs, et divers systèmes de suivi automatisé des valeurs des tensions sont proposés, ce qui allège les tâches de relevé.

Valeurs pour le déclenchement des irrigations selon les mesures à 15 cm



## Cas n°3 : la culture fruitière

Selon les espèces, l'enracinement est plus ou moins profond et la plante dispose de réserves propres (tissus extensibles), ce qui la rend moins sensible aux déficits hydriques temporaires. Pour autant, l'irrigation gagne aussi à être pratiquée de manière raisonnée. Quand les apports sont de pleine surface (gravitaire ou aspersion), une méthode classique consiste à les ajuster en fonction de l'évapotranspiration de la culture. Celle-ci est évaluée à partir de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>réf</sub>), affectée d'un coefficient cultural qui varie de 0,4 à 1,0, selon le stade de la culture.

Cette méthode est donc fondée sur l'évaluation de la demande climatique, souvent intégrée dans un bilan hydrique simplifié qui estime journalièrement le stock d'eau résiduel. Des réseaux d'avertissement d'irrigation diffusent les valeurs d'ET<sub>réf</sub> auprès des producteurs, et diverses expérimentations ont permis d'établir les valeurs moyennes des coefficients culturaux. Diverses limites doivent toutefois être soulignées, notamment le manque de précision de ces coeffi-

cients (fonction de l'âge du verger, et du système de culture), et la connaissance imparfaite du stock d'eau du sol, sauf si l'indication des sondes tensiométriques permet de l'approcher. La méthode du bilan hydrique est par ailleurs inappropriée pour le pilotage des apports localisés, car la valeur de l'évapotranspiration est alors surestimée.

En irrigation localisée, il est donc préférable de conduire les apports en fonction des indications des valeurs de tension de l'eau dans le sol, comme dans le cas n°2, mais en positionnant les sondes pour apprécier les variations de la zone d'influence des goutteurs (également appelée bulbe). L'irrigant doit chercher à maintenir un état humide non saturé de la zone racinaire, ce qui permet à la plante une absorption satisfaisante de l'eau et des ions.

L'économie d'eau est certaine, mais fonction de l'efficacité de l'apport : il faut éviter toute saturation du sol et tout drainage intempestif.

## Acquis de la recherche et évolutions envisagées

La prise en compte des besoins des plantes en fonction de leur génotype est très clairement à l'ordre du jour dans les recherches, même si cette évolution est encore peu marquante en termes d'applications, notamment en horticulture. L'auteur de ces lignes est convaincu que la prise en compte de la tolérance au stress hydrique deviendra un critère de choix des variétés dans le futur, cette tendance étant favorisée par l'occurrence accrue d'épisodes de sécheresse ou de canicule.

Sur la base de la culture des variétés existantes, la prise en compte des phases de culture qui supportent un rationnement (stress hydrique modéré), sans préjudice pour le rendement ou la qualité de la récolte est déjà envisagée grâce à de nombreux travaux de recherche (Australie, Israël). Un léger rationnement en eau à l'approche de la récolte favorise la qualité et la tenue des fruits. Les méthodes de rationnement maîtrisé méritent d'être vulgarisées dans les situations favorables, pour économiser l'eau. De même, la pratique de déficits d'irrigation alternés affectant alternativement une partie du système racinaire (ex. arbres fruitiers) a commencé à être expérimentée avec succès dans les sols favorables (textures légères).

Il est aussi envisagé de proposer aux producteurs des méthodes de pilotage plus précises, fondées sur l'utilisation de nouveaux outils. La mise au point de sondes capacitatives, par exemple, permet déjà à quelques irrigants équipés une estimation du stock de l'eau du sol plus précise que celle fournie par les tensiomètres qui, rappelons-le, mesurent une disponibilité et non une quantité. Sur la plante, la mesure dynamique de la dimension des organes par suivi micromorphométrique (système Pepista) permet de détecter les débuts de stress. Cette méthode encore cantonnée dans le domaine expérimental, est potentiellement applicable en production de légumes-fruits (tomate, melon) et surtout en arboriculture fruitière. Elle permet aussi de valider les seuils de déclenchement des irrigations fondés sur la lecture des

indications tensiométriques. Enfin, l'évaluation des états de pré-stress hydrique, qui amènent la plante à fermer ses stomates, occasionne un léger échauffement du couvert végétal qui peut être mesuré par thermographie infrarouge.

Les apports de l'imagerie de télédétection dans ce domaine spectral, comme dans celui du proche infrarouge (indices de végétation), devraient permettre de compléter la panoplie des indicateurs directs d'état du sol ou de la plante, pour une gestion plus précise des apports d'eau dans les cultures. Ces méthodes ont déjà été mises en œuvre, par exemple aux Etats-Unis, sur cultures annuelles.

D'une manière générale, les producteurs horticoles sont concernés par l'amélioration de la gestion de l'eau et de son efficacité au même titre que les agriculteurs. Inéluctablement ils seront amenés à pratiquer une irrigation de précision, plus soucieuse de la ressource, apportant ainsi leur contribution au développement durable.

**L'EAU EN HORTICULTURE : ECONOMISER MAINTENANT**  
**9<sup>e</sup> COLLOQUE DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DE LA SNHF**  
**11 MAI 2007**

**Quelques lectures utiles dans le prolongement de ce texte**

- BERTHOUMIEU J.F. 2006. L'irrigation de précision est une démarche durable. Réussir Fruits et Légumes. 250: 38-39.
- BLANC P., BELLUAU E. HUBERT A., 2002. Maîtrise de l'irrigation : une influence sur la tenue des fruits après récolte. Réussir fruits et légumes 205, 73-74.
- BUSSE C. HUGUET J.G., BESSET J., GIRARD T., 1999. Pilotage de l'irrigation dans un verger de pêchers précoces à l'aide de tensiomètres et de mesures de variations diamètre des tiges. Fruits, 54, 57-66.
- ESPAGNOL G., 2006. Irriguer par assèchement partiel des racines. Réussir fruits et légumes 249, 52-53.
- GRANT O.M., TRONINA L., JONES H.G., CHAVES. M.M. 2007. Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. Journal of Experimental Botany. 58: 815-825.
- IVALDI M., 2007. Quand l'imagerie aérienne rend service à l'agriculture. Réussir fruits et légumes 249. 48.
- KALUZNY-PINON L., 2006. Logiciels : vers l'irrigation de précision. L'arboriculture fruitière, 603, 36-37.
- LEINONEN I., JONES H.G., 2004. Combining thermal and visible imagery for estimating canopy temperature and identifying plant stress. Journal of Experimental Botany. 55: 1423-1431.
- MORARD P., 1995. Les cultures végétales hors sol. Publication agricoles (Agen), 303 p.
- NAVARRO E., GUINET P., 2002. Une irrigation rationnée permet d'améliorer la qualité des fruits. Réussir fruits et légumes 210, 52-53.
- TRON G., ISBERIE C., CHOL P., 2000. La tensiométrie pour piloter les irrigations. Educagri éditions (Dijon), 247 p.
- URBAN L., 1997. Introduction à la production sous serre. Tome 2. L'irrigation fertilisante en culture hors sol. Tec & Doc Lavoisier (Paris), 210 p.
- VAYSSE P., SOING P., 1990. L'irrigation des arbres fruitiers. Ctifl (Paris), 256 p.