

Colloque sur l'irrigation en horticulture
Et si l'irrigation nous était « comptée »...

Le jeudi 25 novembre 2010



Approches en gestion de l'eau : estimation par des mesures directes et indirectes

Jean CARON, Ph.D., agronome
Professeur, Physique et hydrodynamique des sols
Centre de recherche en horticulture
et département des sols et de génie agroalimentaire
Pavillon de l'Environnement, Université Laval, Québec



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Note : Ce résumé a été présenté lors de l'évènement et a été publié dans le cahier du participant.



Approches en gestion de l'eau : estimation par des mesures directes et indirectes

Auteur : **Jean CARON**, Ph.D., agronome,
Professeur, Physique et hydrodynamique des sols
Centre de recherche en horticulture
et département des sols et de génie agroalimentaire
Pavillon de l'Environnement, Université Laval, Québec



L'eau d'irrigation représente environ les deux tiers de la consommation d'eau potable sur la planète et les superficies en culture irriguées augmentent année après année, afin d'accroître la productivité globale des superficies. De façon générale, on note, avec une gestion adéquate de l'irrigation, des gains de croissance et des diminutions des délais de production, une réduction de l'utilisation des fertilisants et des pesticides, une réduction des pertes d'eau vers la nappe phréatique ou par ruissellement et, enfin, une diminution du risque de développement de certaines maladies du feuillage et des racines. Lors de dernier congrès de la société internationale d'horticulture tenue à Lisbonne en août 2010, on a pu observer que les recherches mondiales se concentraient autour de trois axes : premièrement, un accroissement dans l'utilisation de l'eau verte (recyclable, eau de station d'épuration, eau de pluie) par la réglementation; deuxièmement, des recherches sur les réductions de la consommation en eau par les plantes, secteur où s'effectue la recherche sur l'amélioration génétique et l'irrigation de déficit; et troisièmement, sur les contrôles où les senseurs et les méthodes d'estimation adéquate des tensions en eau sont au centre des performances des cultures. La régulation adéquate de l'eau à l'aide de différents outils demeure donc un facteur de production fondamental dont la pertinence ne peut être contredite.

OUTILS DE MESURES

Différents outils existent pour faire la gestion de l'eau (Tableau 1). Certains outils prennent des mesures directement reliées au transfert de l'eau du sol vers la plante, d'autres des mesures indirectes.

Tableau 1. Outils d'évaluation du statut hydrique

Niveau de mesure		Plante	Atmosphère	Sol
Type de mesures	Directes	Rendement Photosynthèse Potentiel du xylème Mesure de flux de sève		Potentiel matriciel
	Indirectes	Température Fluorescence Diamètre de tige	Demande d'évapotranspiration	Teneur en eau

Ces outils peuvent être basés sur des mesures dans le sol, dans la plante ou dans l'atmosphère ou bien sur une opération par minuterie. Les contrôles opérant par minuterie sont très basiques et requièrent des ajustements réguliers. Ils sont fondés tout simplement sur l'observation visuelle de l'intervalle d'arrosage nécessaire pour éviter tout dessèchement excessif. Ils sont donc très approximatifs, mais sont quand même assez répandus.

Ceux qui mesurent directement dans la plante (mesure de l'eau perdue par la plante par transpiration, de la photosynthèse et de la conductance stomatale, qui est cette facilité avec laquelle l'eau sous forme de vapeur sort par les ouvertures à la surface des feuilles appelées stomates) sont principalement utilisés en recherche à cause de leur prix élevé, et des hauts niveaux techniques sont requis pour les opérer. On s'en sert cependant comme outil de référence pour caler les appareils basés sur les mesures prises dans le sol, en trouvant les valeurs de potentiel matriciel ou de teneur en eau permettant la photosynthèse maximale. D'autres appareils sont utilisés pour mesurer directement les flux de sève ou la variation des diamètres de tiges. Les mesures de diamètre de tiges sont à ce jour apparues relativement populaires en recherche, surtout en production fruitière, mais on voit peu sur le terrain de ces appareils en conditions d'opération, ceux-ci demandant des ajustements fréquents. De plus, ces appareils deviennent sensibles lorsque des niveaux importants de stress sont atteints, moments où on observe des pertes de diamètre, pertes qui, dans certains cas, peuvent être irréversibles si l'espèce est plastique. Pour ce qui est des mesures de flux, les chercheurs s'intéressent activement à ces capteurs, mais ces mesures restent à ce jour expérimentales, le nombre de mesures pour obtenir un estimé du flux d'une tige demandant un grand nombre de sondes (environ 6 sur des tiges de l'olivier selon certains auteurs). On peut aussi faire des mesures indirectes de température foliaire et de fluorescence de la plante, à la grandeur du couvert végétal, en relevé aérien ou terrestre, avec engin motorisé. Un volume important de recherches se consacre donc à ces systèmes nouveau genre, mais qui demeurent pour l'instant coûteux, exigeants en main-d'œuvre et sujets à bonification. Ils feront certainement partie du paysage de demain. Cependant, la performance de tels appareils reste affectée par un ensemble de facteurs, ce qui fait que cette approche demeure encore largement expérimentale.

À des coûts nettement moindres que les mesures dans les plantes, mais pour obtenir plus de précision qu'avec les minuterie, on privilégie depuis longtemps une régie de l'application de l'eau basée sur la quantité d'eau évaporée et transpirée par la plante, l'évapotranspiration (ETP), c'est-à-dire la quantité d'eau évaporée du sol et transpirée par la plante. Celle-ci consiste à estimer la quantité d'eau à appliquer au sol en fonction de paramètres météorologiques comme la température, la radiation nette, la vitesse des vents, le stade de la culture. Ces données peuvent être calculées à partir de logiciels publics, de formules mathématiques sur Excel ou de prévisions de stations météorologiques. Cette approche est largement utilisée en Amérique du Nord, bien que certains États américains demandent maintenant de les caler avec des mesures dans le sol pour en augmenter la précision.

Parmi les mesures prises dans le sol, les technologies continuent d'évoluer autour des mesures de tension (scientifiquement appelées potentiel matriciel) et de teneur en eau. Il est depuis longtemps reconnu que les mesures de potentiel matriciel (ou tension) seront à privilégier par rapport au contenu en eau et les derniers résultats de recherche appuient encore ce constat. Les mesures de

tension permettent d'avoir une idée des quantités d'eau disponibles à la plante, puisque la tension est la facilité avec laquelle l'eau peut être soutirée du sol par la plante, et déterminent les quantités d'eau transpirée selon les principes de thermodynamique, en l'absence d'effets importants de salinité. Les mesures de tension sont donc des mesures directes. Lorsque le sol s'assèche, c'est ce que la plante « voit » ou subit comme tension alors que son contenu en eau s'abaisse. Il faut donc irriguer avant que ce stress ne devienne trop important.

Les valeurs de tension de référence pour initier l'irrigation sont assez bien connues (Tableau 2). Celles-ci sont générales et peuvent varier selon la demande d'évapotranspiration, les propriétés hydrauliques du sol, la distribution racinaire et le contenu en sels du sol.

Tableau 2. Consignes de départ pour différents sols, substrats et cultures

Culture	Substrat	Potentiel de départ (kPa)
Légumes de champ	Sols sableux-loam	- 15 à - 25
Légumes de champ	Sols argileux	- 30 à - 60
Tomate de serre	Laine de roche (sèche)	- 1,5 de jour - 2,5 de nuit
Laitue	Sols organiques	À venir (moratoire)
Fraise de champ à jours neutres (goutte à goutte)	Loam sableux à loam-argileux	- 7 à - 20
Canneberge	Sableux ou organiques	- 4 à - 7
Tomate de serre	Sciure	- 2,0 de jour - 3,0 de nuit
Tomate de serre	Substrat tourbeux Fibres de coco	Autour de - 2 à - 3 de jour Autour de - 3 - 4 la nuit
Pépinières	Mélange tourbe-écorce (30 %/60 %)	- 3 à - 10
Plantes en pot	Substrat tourbeux (60 % de tourbe et plus), fibre de coco	- 3 à - 10

N.B. Ces valeurs sont données à titre indicatif seulement, car elles varient selon la salinité du sol, la plante, l'ensoleillement et devraient par conséquent être interprétées de façon relative. De plus, en période nuageuse et pour activer la floraison, des potentiels plus bas (valeurs plus négatives) devraient être utilisés.

Pour encore plus de précision, ces valeurs devraient être calées sur le site même du producteur, car cela a permis d'aller chercher davantage de rendement pour différentes expériences que nous avons faites. Ce calage se fait habituellement en mettant en relation la tension matricielle avec la photosynthèse, parce que celle-ci est habituellement reliée au rendement. Cela se fait en établissant une relation entre l'activité de la plante et le potentiel matriciel en cours de culture comme celle de la figure 1.

Pour l'arrêt de l'irrigation, celui-ci est habituellement contrôlé après un temps donné ou un volume appliqué. Cependant, au champ, il arrive aussi fréquemment qu'on l'arrête en évaluant le potentiel en surface. Dans ce cas, la vérification est faite à partir de lecture de tension sous la profondeur racinaire. On arrête l'irrigation lorsque l'on détecte des valeurs de potentiel à cette profondeur atteignant des valeurs supérieures à la capacité au champ (habituellement entre -25 et -10 kPa).

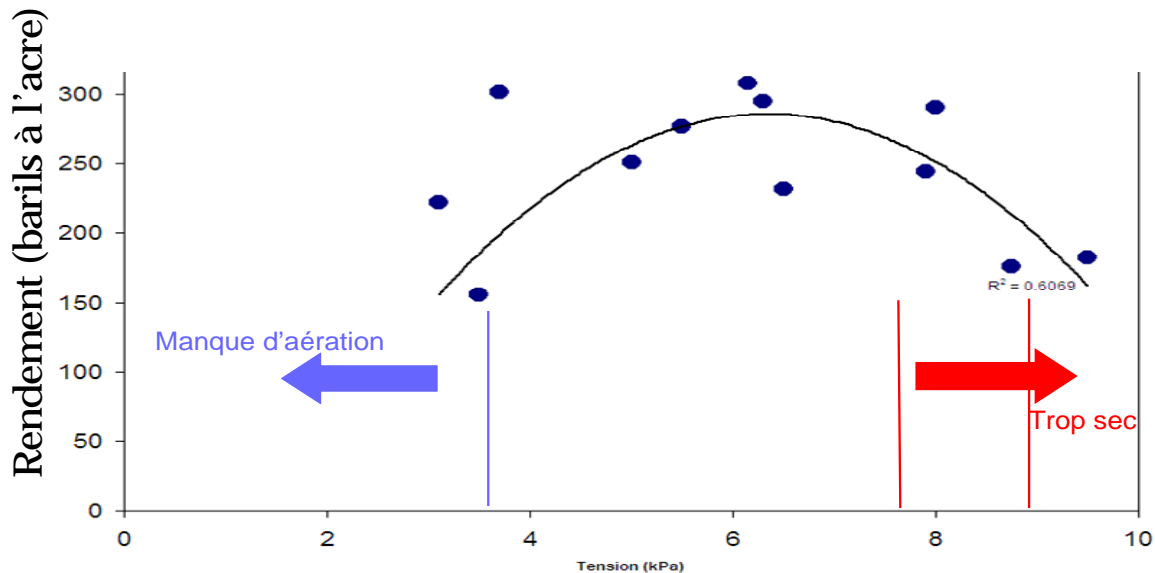


Figure 1. Relation entre le potentiel matriciel et le rendement pour la canneberge

Les principaux défauts des mesures de tension sont : un petit volume de mesure, son besoin d'entretien et la nécessité d'effectuer un calage de l'appareil (pour les lecteurs électroniques) et un ajustement de la mesure. Les deux dernières difficultés ont été éliminées sur des modèles récents introduits sur le marché.

Comme les quantités d'eau décroissent avec l'augmentation de tension, on peut effectuer des mesures de teneur en eau pour gérer cette irrigation. Il s'agit alors de mesures indirectes. La venue récente de sondes de réflectométrie temporelle et fréquentielle permet cette mesure sur de forts volumes de sol, à des coûts réduits. Cette approche est très populaire lorsque combinée à l'utilisation de modèle ETP aux États-Unis. L'approche consiste à mesurer le profil hydrique (teneur en eau en fonction de la profondeur) au moment où le sol a subi une forte pluie suivie d'un drainage et à initier l'irrigation à partir d'un seuil qui correspond aux valeurs seuil de potentiel matriciel mesurées avec des tensiomètres (Figure. 2).

Cette approche est très répandue en recherche pour évaluer des bilans hydriques mais, en régie d'irrigation, demande un calage spécifique par type de sol, car la teneur en eau observée au potentiel matriciel critique du tableau 2 va varier avec le type de sol, et on peut difficilement utiliser des valeurs de référence pour guider cette irrigation puisque celles-ci vont varier en fonction de la teneur en eau au champ après saturation et drainage et lors du début de flétrissement. De plus, cette approche de mesure est sensible à la salinité et beaucoup d'imprécisions de mesure en résultent.

Enfin, les écarts entre les valeurs sèches (départ de l'irrigation) et les points humides (arrêt) sont très petits. Il faut donc avoir une excellente précision pour l'utiliser, surtout en sol sableux.

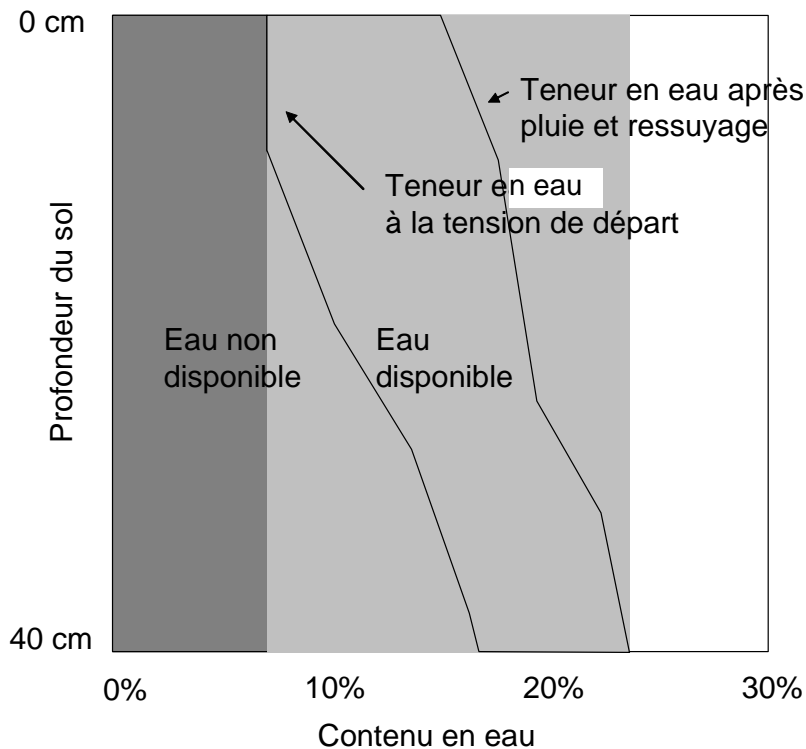


Figure 2. Exemple d'un profil hydrique après une pluie et un ressuyage et après assèchement par la plante en cours de saison

Peu importe le type d'approche choisie (mesure de teneur en eau ou mesure de potentiel), les approches appuyées par des mesures de sol ou d'évaporation, qu'elles opèrent l'irrigation ou servent à la guider, montrent des performances supérieures à l'approche basée sur l'évapotranspiration en serre et au champ ou par rapport à l'approche manuelle. Il faut donc s'attendre dans le futur à voir la proportion d'outils de mesure dans le sol augmenter, d'autant plus qu'on observe une évolution importante vers une rationalisation de l'utilisation de l'eau, en Europe et en Amérique du Nord.

Dans le futur, on peut également s'attendre à voir augmenter le nombre d'outils complémentaires de mesure pour optimiser cette régie. Ainsi, il faut s'attendre à ce que les mesures de potentiel osmotique (potentiel généré par la salinité et pouvant stresser la plante), de concentration en nitrates, en oxygène et en CO₂, deviennent des outils supplémentaires de gestion de l'irrigation, couplés avec des systèmes de mesure de flux d'eau et de température dans la plante.

POSITIONNEMENT AU CHAMP

Comme ce fut le cas en agriculture de précision, ces différents outils vont pouvoir être utilisés à différents endroits au champ (spatialement) pour prendre en compte des besoins ponctuels d'irrigation zonée, qui entraîneront une redéfinition du réseau d'irrigation mis en place.

Il s'agit certainement d'une avenue annonciatrice de gains importants de productivité. Les premiers estimés indiquent que des économies importantes d'eau et d'énergie (de 25 % à 200 % selon les experts) pourraient résulter d'une gestion spatiale de l'eau d'irrigation. La venue de systèmes sans fil et de systèmes de collectes d'informations locales tractés contribuera très certainement à l'avancement dans ce domaine. Aux États-Unis, c'est le concept de gestion locale de l'eau (*hydrozoning*). Ici, c'est l'irrigation de précision. Ainsi, les plus récents résultats de recherche confirment l'existence de patrons spatiaux importants au champ. En canneberge, la reconnaissance de ces patrons a permis de sauver des quantités importantes d'eau d'irrigation voisinant 30 %. À ce jour, nos résultats en canneberge et en laitue, tout comme en pomme de terre, donnent des économies d'eau et d'énergie de 20 à 30 %. Des chercheurs américains ont également démontré que sans cette information spatiale et la gestion qui y est associée, des pertes importantes d'eau allant jusqu'à 100 % pourraient être générées sur des cultures données, entraînant dans certains cas des pertes nettes à l'hectare. L'amélioration des sondes sera donc de plus en plus couplée aux informations spatiales pour augmenter l'efficacité des interventions d'irrigation.