

# Détermination en continu des paramètres de gestion et de commande d'un système d'irrigation au moyen d'un humidimètre à neutrons.

P. GUILLAUME\*

CONTINUOUS DETERMINATION OF THE MANAGEMENT AND CONTROL PARAMETERS OF AN IRRIGATION SYSTEM USING A NEUTRON HUMIDIMETER.

P. GUILLAUME.

*Fruits*, Sep.-Oct. 1991, vol. 46, n° 5, p. 543-550.

**ABSTRACT** - Although highly reliable techniques and equipment are used in the irrigation systems frequently installed for orchard crops, efficient management is required to achieve the benefits desired. The day-to-day management of such systems requires continuous relation of environmental data (soil and climate) and plant data (maximum water uptake) and the hydraulic characteristics and utilisation constraints of the system and equipment used. An irrigation management method using *in situ* measurement of soil moisture by means of a neutron probe is proposed. A detailed chart shows how to convert the profiles recorded into control parameters for the watering system. This field method, which does not require calibration of the probe, enables continuous maximum water supply to crops without waste. It could be developed in particular for regional organisations running irrigation warning systems.

DETERMINATION EN CONTINU DES PARAMETRES DE GESTION ET DE COMMANDE D'UN SYSTEME D'IRRIGATION AU MOYEN D'UN HUMIDIMETRE A NEUTRONS.

P. GUILLAUME.

*Fruits*, Sep.-Oct. 1991, vol. 46, n° 5, p. 543-550.

**RESUME** - Si les systèmes d'irrigation fréquemment installés en arboriculture fruitière emploient des techniques et équipements de haute fiabilité, seule leur gestion efficace permet d'en dégager les bénéfices espérés.

Piloter quotidiennement de tels systèmes impose de relier en permanence des données relatives au milieu (climat, sol) et à la plante (consommation maximale en eau) avec les caractéristiques hydrauliques et les contraintes d'utilisation propres aux dispositifs et matériels adoptés.

Une méthode de conduite des irrigations faisant appel à des mesures d'humidité du sol établies *in situ* grâce à une sonde neutronique est proposée. Un organigramme détaillé montre comment traduire les profils de comptage observés en paramètres de réglage des leviers de commande du système d'arrosage.

Cette technique de terrain qui n'impose pas d'étalonner la sonde permet de fournir en continu une alimentation hydrique maximale et exempte de gaspillage aux cultures. Elle pourrait notamment être développée auprès d'organismes régionaux d'avertissement à l'irrigation.

**MOTS CLES** : système d'irrigation, pilotage, sonde à neutrons, alimentation hydrique maximale des cultures, absence de gaspillage.

## INTRODUCTION

La mise en service d'un système d'irrigation quelque peu sophistiqué, tel qu'on le trouve de plus en plus souvent en arboriculture fruitière, et dont la conception est normalement confiée à un spécialiste en hydraulique agricole, se limite en général au contrôle, au réglage, et globalement à la mise en conformité avec les engagements contractuels définis entre l'installateur et l'acheteur c'est-à-dire l'irrigant.

Ce dernier se trouve ainsi en possession d'un outil probablement performant, mais dont il ne possède pas

toujours les clés d'une gestion optimale, comme un conducteur novice qui viendrait d'acquiescer une voiture de sport. Dans les deux cas la question est : comment piloter au mieux ?

Si en principe le bureau d'études qui a conçu et dirigé l'installation du système s'est appuyé sur des connaissances agro-climatiques (souvent l'Evapotranspiration de pointe) et hydro-pédologiques (vitesse de filtration maximale du sol), collectées au niveau de la région où est implanté le réseau, il n'en reste pas moins que ces précautions servent surtout à caler les caractéristiques constitutives du système en lui conférant une certaine marge de sécurité, mais ne renseignent pas sur les modalités d'apport nécessaires hors période de pointe notamment.

L'utilisateur du réseau peut lui aussi se guider sur des

\* - CIRAD-IRAT - Station de Roujol - 97170 PETIT BOURG (Guadeloupe)

données météorologiques ou peut-être s'abonner à un service d'avertissement, et traduire ces informations en terme de temps d'irrigation pour le ou les jours à venir.

Cependant, un suivi direct au champ s'avèrera plus précis et mieux adapté aux conditions réelles, présentes sur l'exploitation.

Le projet de ce document est de proposer une méthodologie de terrain destinée à déduire les paramètres de commande du système d'irrigation, de mesures *in situ* de la consommation maximale de la culture irriguée définie ici comme le système plante - son environnement climatique - le sol dans lequel elle s'enracine - le matériel d'irrigation mis en oeuvre avec ses qualités et ses faiblesses. L'outil préférentiel utilisé ici est un humidimètre ou sonde à neutrons capable de fournir des mesures d'humidité dans la plupart des sols (excepté les vertisols), et dont la facilité d'emploi et la fiabilité sont reconnues.

#### LES PARAMETRES DE FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME D'IRRIGATION

Un système d'irrigation n'est autre qu'un ensemble de distributeurs d'eau dont il existe différents types, convenablement répartis sur la surface à irriguer, alimentés par un réseau de canalisations et une unité de pompage. Sa conception résulte d'un compromis entre des contraintes agronomiques relatives à la plante, au climat, au sol d'une part, des contraintes hydrauliques imposées par les matériels mis en oeuvre pour transporter et distribuer l'eau d'autre part, enfin des contraintes économiques et financières.

Tout cela est contenu dans les deux caractéristiques essentielles suivantes :

- le débit du réseau ;
- le nombre d'unités ou secteurs d'arrosage qu'il comporte.

#### Débit.

Celui-ci est déduit de la superficie totale irriguée, et d'une estimation des besoins bruts en eau de la culture en période de pointe :

$$(1) Q = \frac{B_p \times 10 \times S}{T_{\text{maxi jour}}}$$

Q = débit du réseau en m<sup>3</sup>/h ;

B<sub>p</sub> = besoins bruts de pointe en mm/jour (= besoins nets divisés par efficacité estimée du système) ;

S = superficie totale irriguée en hectare ;

T<sub>maxi jour</sub> = temps d'irrigation maximal disponible par jour.

Afin de réduire le coût des équipements, c'est-à-dire installer des conduites du plus petit diamètre possible et une puissance énergétique moindre, le temps de fonctionnement maxi quotidien doit être le plus grand possible, souvent pris égal à 24 heures dans les systèmes totalement automatisés.

B<sub>p</sub> est très souvent estimé par la valeur de l'ETP de pointe quotidienne de la région, calculée ou établie à partir

d'une mesure Ev bac A pondérée par un coefficient cultural plante trouvé dans la littérature.

Q est une grandeur constitutive invariante du réseau à la parcelle.

#### Nombre d'unités d'arrosage - Pluviométrie horaire du système.

Cela dépend des performances hydrauliques des émetteurs utilisés, débit-portée-pression de fonctionnement, mises en relation avec la vitesse de filtration maximale du sol afin d'éviter un ruissellement (cas de l'aspersion surtout) et d'assurer une bonne diffusion de l'eau (cas du goutte à goutte notamment). La relation suivante relie débit par émetteur, superficie dominée par émetteur, et nombre d'unités d'arrosage :

$$(2) Q_{em} = \frac{B_p \times E \times e \times N}{T_{\text{maxi jour}}}$$

Q<sub>em</sub> = débit par émetteur en litre/heure ;

B<sub>p</sub> = besoins bruts de pointe en mm/jour ;

E = écartement entre lignes d'émetteurs ;

e = écartement entre émetteurs sur la ligne ;

N = nombre d'unités ou secteurs d'arrosage.

Le concepteur du système jongle, une fois B<sub>p</sub> fixé, avec E, e, N, ses catalogues d'aspenseurs et autres émetteurs donnant portée (aspenseur) et pression requise, sa connaissance du sol (perméabilité), ainsi qu'avec des considérations de coût, ce dernier étant en principe d'autant moindre que la pression de fonctionnement du réseau est la plus faible possible et N petit (réduction de puissance de pompage, choix de tubes moins épais, économie de robinetterie pour séparer les différents secteurs, diamètre des tubes de distribution inférieur).

Par exemple, pour B<sub>p</sub> = 6 mm/j, E = 6 m, e = 5 m, T<sub>maxi jour</sub> = 18 h, un système localisé type microjet ou Bas-Rhône dont le débit par émetteur est de 40 l/h sera subdivisé en 4 secteurs.

Un système d'aspersion couverture intégrale en 18 x 18 comportera pour les mêmes données de base 14 unités au moins pour obtenir un débit d'aspenseur de 1,5 m<sup>3</sup>/h portant à 14 m sous une pression de 3 bars.

Un système goutte à goutte portant un goutteur 4 l/h tous les 2 m sur des lignes espacées de 6 m, ne sera constitué que d'une unité pour fournir 6 mm en 18 heures.

La pluviométrie horaire fournie par le système d'irrigation s'élève à :

$$(3) P = \frac{B_p \times N}{T_{\text{maxi jour}}}$$

P = pluviométrie en mm/heure.

#### Les commandes du système pour l'irrigant.

Celui-ci ne peut donc agir que sur les deux points suivants :

- décider de la durée de marche effective du réseau par jour,  $t_m$  ;
- répartir celle-ci sur les  $N$  secteurs qui le constituent.

- **Durée de fonctionnement du réseau par jour.**

Il lui correspond la valeur de la dose quotidienne fournie par la relation :

$$(4) \frac{D}{B_p} = \frac{t_m}{T_{\text{maxi jour}}}$$

$D$  = dose fournie en mm/jour ;

$B_p$  = besoins bruts de pointe en mm/jour ;

$t_m$  = temps de fonctionnement du réseau en heure/jour ;

Connaissant  $t_m$ , on calcule immédiatement la valeur de la dose  $D$  mm/jour correspondante.

Si l'on désire apporter une dose  $D$  quelconque on calcule  $t_m$  nécessaire correspondant.

Pour  $t_m = T_{\text{maxi jour}}$ ,  $D = B_p$  dose de pointe prévue en mm/jour.

- **Rotation - Pluviométrie reçue par journée d'irrigation.**

$t_m$  peut être réparti sur un nombre variable de secteurs qui conditionne la périodicité de retour et la pluviométrie reçue sur chaque secteur à chaque irrigation.

Par exemple un secteur par irrigation recevra une pluviométrie égale à  $P = t_m \times N \times B_p / T_{\text{maxi jour}}$  mm avec retour au bout de  $N$  jours.

Ou deux secteurs par irrigation recevront chacun une pluviométrie valant  $P = t_m \times N \times B_p / T_{\text{maxi jour}} \times 2$  mm avec retour au bout de  $N/2$  jours ;

$s$  secteurs par irrigation recevront chacun une pluviométrie égale à  $P = t_m \times N \times B_p / T_{\text{maxi jour}} \times s$  mm avec retour au bout de  $N/s$  jours ; etc.

Jusqu'à la possibilité des  $N$  secteurs par irrigation qui recevront chacun une pluviométrie égale à

$$P = t_m \times B_p / T_{\text{maxi jour}} \text{ mm avec retour chaque jour.}$$

- **Construction d'un cycle d'arrosage.**

Le type d'équipement installé, la présence ou non d'automatisme régissant la commutation d'un secteur à l'autre, la disponibilité en main-d'oeuvre et en énergie au cours de la journée, impose le plus souvent des règles de gestion pratiques qu'il faut intégrer dans notre démarche. C'est ainsi que :

- on appelle session d'irrigation une journée où il y a arrosage. Celle-ci est caractérisée par le **temps de mise en service du réseau,  $t_m$ , et le nombre de secteurs arrosés,  $s$** , ce qui détermine la pluviométrie reçue. Pour des raisons de commodité on impose que  $s$  soit un sous-multiple du nombre total de secteurs  $N$ . Il en résulte :

- la rotation qui est le nombre de sessions ou de jours d'arrosage nécessaire pour irriguer les  $N$  secteurs (retour au secteur de départ). La durée d'une rotation est donc égale à  $N/s$  jours ;

- le cycle d'arrosage, enfin, est le nombre de jours total séparant deux rotations successives ; sa durée est la somme durée de la rotation plus  $t_a$ , temps d'attente avant relance de la rotation suivante. Ici encore par commodité  $t_a$  sera un nombre entier de jours (sauf cas particulier).

Le problème qu'il faut résoudre consiste donc en la détermination des paramètres suivants :

- recherche de  $t_m$  qui définit la dose  $D$  mm/jour fournie aux plantes ;
- recherche du nombre de secteurs  $s$  à irriguer par jour, qui définit la pluviométrie ou lame d'eau reçue à chaque irrigation, c'est-à-dire la modalité d'apport de la dose  $D$  ;
- recherche de  $t_a$ , temps d'attente entre deux rotations.

### PILOTAGE D'UN RESEAU PAR MESURE DU BILAN HYDRIQUE *IN SITU*

#### Les paramètres de contrôle de l'irrigation.

Ils devront être suivis dans un ou plusieurs sites de mesures dont on aura préalablement apprécié la représentativité grâce à des analyses pédologiques destinées en particulier à déceler les facteurs potentiels de limitation de la croissance racinaire (horizon induré, compacté, hydromorphe, ...).

Une telle connaissance du milieu naturel devrait idéalement précéder la plantation et la conception du système d'irrigation, et aboutir à la recherche de la plus grande homogénéité possible sur le projet ce qui en facilite la gestion ultérieure.

- **La percolation sous l'horizon colonisé par les racines.**

Un tel événement est un facteur de perte d'eau et d'éléments nutritifs qui doit être évité.

Il importe donc de suivre la croissance et la distribution des racines dans le sol en fonction de l'âge des arbres par observation de profils racinaires.

Afin de ne pas risquer de limiter le développement racinaire par manque d'eau, on s'autorisera à humecter le sol par irrigation 20 cm sous les plus profondes racines observées.

Cependant la connaissance de l'évolution du volume de sol exploité par un arbre d'une espèce donnée au cours de sa croissance normale est fort utile au choix du nombre et position des tubes d'accès pour la sonde à neutrons. On implantera ainsi les tubes au droit des zones où l'enracinement atteint sa plus grande profondeur selon son stade de développement. Par exemple un tube servira de la plantation à un stade déterminé, un second prenant le relais pour tous les stades ultérieurs.

- Limite supérieure d'humidité admissible dans l'horizon colonisé par les racines.

Celle-ci est caractéristique du sol et du système racinaire qui s'y développe, et est assimilable à une «capacité au champ» du sol, non pas nu mais cultivé, et au-delà de laquelle l'eau percole sous l'effet de la gravité.

Elle évolue donc parallèlement à la croissance racinaire, ce qui implique la nécessité de sa réactualisation à chaque fois qu'une augmentation de la consommation en eau sera décelée.

#### Méthode utilisée.

Elle consiste en l'étude de la cinétique de ressuyage du sol après une irrigation (ou pluie) surabondante provoquant une percolation profonde. En effet deux phases sont généralement observées :

- une phase de ressuyage rapide qui correspond à un écoulement principalement régi par la gravité ;
- une phase de ressuyage lent reflété par une courbe comptage-sonde en fonction du temps pratiquement linéaire.

L'ordonnée à l'origine du point d'inflexion, donne la valeur limite recherchée (CHAROY *et al.*, 1978).

Cette opération est effectuée sur chaque site de contrôle et de pilotage implanté, à pas de 10 cm sur une profondeur de 3 m environ si le sol le permet.

On obtient ainsi des profils de comptage neutronique relié à la profondeur, qui traduisent la capacité au champ du système sol-plante valable pour le stade de développement auquel les mesures ont été faites.

- Profil neutronique de référence.

Tout comme il existe un profil caractéristique de ce qui a été nommé «limite supérieure d'humidité admissible», il existe un profil de limite inférieure d'humidité admissible. Il correspond à l'apparition de manifestation d'un stress par la plante, qui peut être reconnu à vue par expérience de l'arboriculteur, ou plus précisément par la mise en oeuvre d'indicateurs de l'état hydrique du végétal (variation de diamètre des fruits, potentiels foliaires). Cela est difficile et coûteux à établir.

En pratique, notre but étant de trouver les paramètres de pilotage des irrigations explicités précédemment, assurant à tous les stades de développement des arbres, une alimentation en eau correspondant à leur consommation maximale sans occasionner de pertes par percolation, il convient de maintenir le profil d'humidité sur une courbe de référence légèrement plus sèche que la «capacité au champ» afin de ne pas risquer un stress.

Un tel profil sera objet de réactualisation en fonction de la croissance des arbres bien entendu.

#### Pilotage du système d'irrigation et consommation de la culture irriguée.

- Le dispositif de mesures neutroniques.

Il sera constitué de :

- un ou plusieurs sites de suivi selon l'homogénéité des sols du verger (cf. «Les paramètres de contrôle de l'irrigation»). Chaque site est en fait un arbre considéré comme représentatif d'une zone homogène du verger.

- Ce site est équipé de un ou plusieurs tubes d'accès selon qu'il existe un changement de position des racines les plus profondes en fonction du développement de l'arbre (cf. «La percolation dans l'horizon colonisé par les racines»). Il est de toute manière nécessaire d'implanter un tube au pied de cet arbre témoin.

- La profondeur explorée par la sonde devra être la plus grande possible compte tenu de celle du sol, afin d'être capable de déceler des percolations sans recourir à des suivis tensiométriques parallèles. En effet dans ce cas on trouvera généralement une cote à laquelle deux profils successifs «bouclent» (M. VAKSMANN, 1987). Il n'est cependant pas inutile de compléter le dispositif par un tensiomètre placé à 20 cm sous la profondeur maximale atteinte par le système racinaire de l'arbre adulte à titre de contrôle.

- Selon le degré d'hétérogénéité entre les sites, on utilisera soit une moyenne des observations recueillies sur chacun d'eux, soit celui qui traduit la situation la plus défavorable en eau, sachant qu'il est malaisé de gérer des traitements différents par secteur du réseau.

- La méthode de pilotage.

Elle est illustrée par l'organigramme ci-après qui montre les relations entre mesure de la consommation maximale et paramètres de commande du réseau. Elle comprend les étapes suivantes :

- Profil de référence.

A - fixer la profondeur maximale à humidifier = profondeur racines + 20 cm.

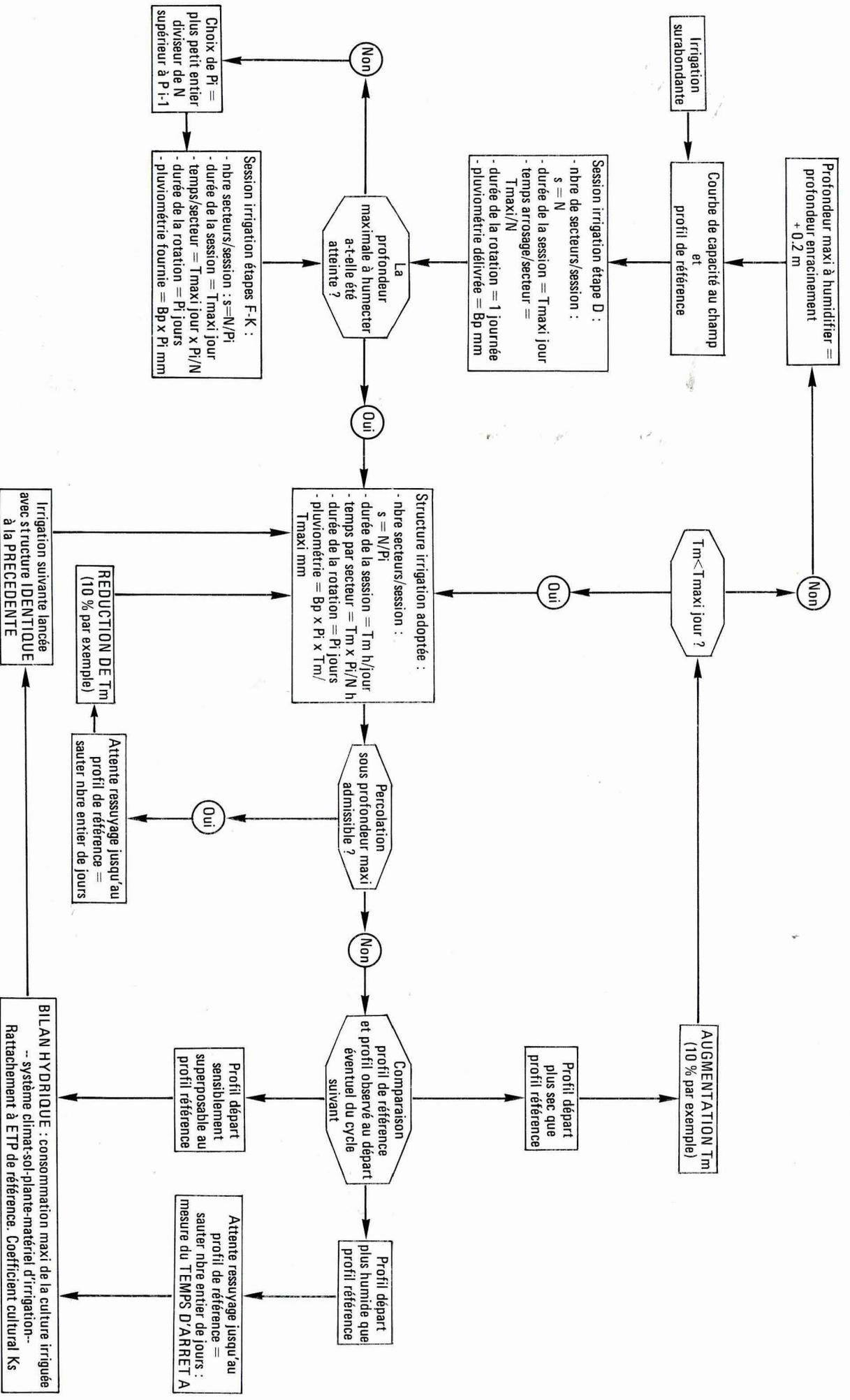
B - établir la courbe de capacité au champ (cf. «Limite supérieure d'humidité admissible dans l'horizon colonisé par les racines») ;

C - en déduire le profil de référence actuel.

- Mise au point de la rotation.

D - irriguer les N secteurs du réseau pendant chacun une durée égale à  $T_{\max} \text{ jour}/N$ , donc pratiquer une rotation complète en un jour, fournissant ainsi une pluviométrie Bp.

E - vérifier à la sonde si la profondeur à humidifier a été atteinte avant relance éventuelle de la rotation suivante :



- si oui, passer à l'étape M
- si non, cela signifie que la pluviométrie ainsi fournie égale à Bp est insuffisante ;

**F** - irriguer N secteurs/P1 pendant chacun une durée égale à T<sub>maxi</sub> jour x P1/N, c'est-à-dire effectuer une rotation complète en P1 jours, où P1 est le plus petit entier diviseur de N par exemple 2 si N est pair, fournissant ainsi une pluviométrie égale à P1 x Bp ;

- G** - reprendre l'étape E
- si oui, passer à M
  - si non,

**H** - irriguer N secteurs/P2 pendant chacun une durée égale à T<sub>maxi</sub> jour x P2/N, c'est-à-dire effectuer une rotation complète en P2 jours, où P2 est le plus petit entier diviseur de N après P1, fournissant ainsi une pluviométrie égale à P2 x Bp ;

- I** - reprendre l'étape E
- si oui, passer à M
  - si non,

**J** - choisir P3 plus petit entier diviseur de N après P2 et reprendre la procédure décrite en F et H avec P3 et ainsi de suite jusqu'à éventuellement :

**K** - irriguer N secteurs/N, soit un seul secteur pendant une durée égale à T<sub>maxi</sub> jour, c'est-à-dire effectuer une rotation complète en N jours fournissant ainsi une pluviométrie égale à N x Bp ;

- L** - reprendre l'étape E
- si oui, passer à M
  - si non, cela indique que le réseau ne satisfait pas aux besoins, et doit être modifié : son débit Q est trop faible ;

**M** - il vient ainsi d'être déterminé le nombre de secteurs  $s = N/P_i$  qu'il convient d'arroser par journée d'irrigation, c'est-à-dire la structure de la session d'irrigation qui assure au moins l'humectation de l'horizon racinaire et très probablement une percolation (sauf si l'essai a été fait sur un arbre adulte consommant Bp).

Il reste à établir le temps de marche du système, t<sub>m</sub>, par session, objet des paragraphes ci-après :

- N** - vérifier à la sonde si le profil s'est humidifié sous la limite maxi admissible, autrement dit, si on observe une percolation :
- si oui, passer à l'étape O
  - si non, passer à l'étape Q

**O** - attendre le ressuyage, en pratique sauter un nombre entier de jours jusqu'à retour au voisinage du profil de référence.

Relancer alors la rotation suivante en conservant le même nombre de secteurs mais en réduisant le temps d'irrigation t<sub>m</sub>/s par secteur de 10 p. 100 (par exemple) par rapport à la rotation précédente ;

**P** - reprendre l'étape N avant relance éventuelle de la rotation suivante :

- si oui, passer à O
- si non, passer à Q

■ Mise au point du cycle d'arrosage - consommation de la culture.

**Q** - comparer le profil de référence et celui relevé avant la relance éventuelle du cycle suivant :

Ayant ainsi obtenu la pluviométrie  $P = (t_m \times N \times B_p) / (T_{maxi} \text{ jour} \times s)$  qui convient, on établit le cycle final par comparaison du profil de référence avec celui observé au départ éventuel d'un nouveau cycle :

- si ce dernier est **plus humide** que le profil de référence, il convient de le laisser se ressuyer, jusqu'à retour au voisinage du profil de référence. En pratique on saute une journée d'irrigation et on compare le profil du lendemain avec la référence. Si nécessaire on attend un jour supplémentaire, puis on relance un cycle identique au précédent. *Soit ta, le temps d'arrêt séparant deux cycles, ainsi trouvé.*

- si les **deux profils se superposent** (ou presque, car en réalité cela n'arrive jamais strictement), cela signifie que l'apport a couvert presque exactement la consommation de la culture irriguée. Dans ce cas on relance immédiatement un cycle identique au précédent.

- si le profil relevé avant relance éventuelle du cycle suivant est **plus sec** que le profil de référence cela signifie que la consommation du système culture irriguée a été supérieure à ce qu'on a fourni. Il convient alors d'accroître le temps d'irrigation t<sub>m</sub> précédent de 10 p. 100 (par exemple) et de relancer un nouveau cycle aussitôt.

On peut ainsi atteindre t<sub>m</sub> = T<sub>maxi</sub> jour sans modifier la structure de la session d'irrigation (c'est-à-dire le nombre de secteurs irrigués par session).

Cet assèchement relatif d'une irrigation à la suivante traduit un accroissement des besoins, lié à une demande climatique forte et/ou au passage à un stade de développement plus consommateur en eau.

Dès que t<sub>m</sub> = T<sub>maxi</sub> jour, il est indispensable de réactualiser la profondeur maximale d'humectation admissible ainsi que la courbe de capacité au champ.

Dans ce cas, il conviendra de recommencer à partir de A (cf. «Profil de référence»).

**R** - calcul du bilan hydrique : consommation de la culture irriguée.

Cela est obtenu directement dans les deux premières hypothèses du paragraphe Q puisque la variation de stock d'eau dans le sol est proche de zéro entre le moment où on lance un cycle et le suivant, et qu'on a :

Dose d'irrigation = consommation maximale de la culture irriguée.

Cette dose est aisément calculée par la formule (4) pour

chaque session.

La consommation moyenne quotidienne du cycle, est le produit dose par session multiplié par durée de la rotation (ou nombre de jours constituant une rotation), divisé par la durée totale du cycle (somme des jours avec et sans apport, nécessaire au retour sur le secteur de départ).

On peut bien sûr la donner sous forme du volume d'eau fourni entre ces deux dates connaissant le nombre d'émetteurs par arbre, leur débit et leur temps de fonctionnement, ce qui est peut-être plus parlant.

#### S - conclusion :

La méthode exposée permet d'obtenir tout au long du développement et de la croissance du verger, les paramètres de conduite et gestion du système d'arrosage à partir de la mesure en place de la consommation de ce qu'on a défini au départ comme la culture irriguée-système plante, climat, sol, matériel d'irrigation-*maximale*, puisqu'on se maintient en permanence au voisinage de la capacité au champ, et *exempte* de gaspillage, puisqu'on s'efforce d'éliminer toute percolation.

Enfin en cas de pluie, il suffira d'attendre le retour au profil de référence avant de reprendre le cycle d'irrigation commencé.

#### Exemple : suivi d'un jeune verger d'agrumes au Sénégal.

Le verger étudié, complanté sur un sol très sableux (dieri) près de Saint-Louis du Sénégal, est arrosé par un système localisé type bubbler débitant 120 l/h par arbre.

Dans ce sol particulièrement filtrant et à très faible capacité de rétention (30 mm dans l'horizon racinaire) un gaspillage d'eau par percolation est obtenu très facilement, justifiant une étude particulière dans un pays aride où l'eau est chère.

Une comparaison du pilotage intuitif traditionnel des apports, avec le pilotage contrôlé par sonde, montre qu'il a été possible de réduire la consommation d'eau de 72 p. 100 sur de jeunes orangers de 27 mois, grâce à l'absence de percolation.

De plus, cette étude a permis de montrer la mauvaise adéquation du débit par émetteur aux caractéristiques hydro-pédologiques du sol, et conduit à proposer de doubler  $T_{max}$  jour. Il en résulterait diminution de coût d'investissement consenti d'une part, ainsi qu'une réduction de moitié de la puissance énergétique installée.

Cela incite à développer cette méthode de suivi qui ne fait appel, rappelons-le, qu'à *des mesures relatives* c'est-à-

dire qui ne requièrent pas l'étalonnage de la sonde à neutrons et rend son utilisation aisée, le point le plus délicat de la méthode restant l'évaluation de la capacité au champ qui varie avec la croissance des arbres.

#### CONCLUSION - GENERALISATION - PERSPECTIVES

La méthode qui vient d'être décrite permet de piloter un système d'irrigation tout en mesurant la consommation en eau maximale des arbres.

Des mesures neutroniques permettent le calcul du bilan hydrique entre un temps  $t_1$  correspondant au lancement d'un cycle d'irrigation, et un temps  $t_2$  correspondant au départ du cycle suivant, de sorte que la variation de stock entre  $t_1$  et  $t_2$  soit nulle (superposition des profils à  $t_1$  et  $t_2$ ) et qu'on n'observe pas de percolation sous la zone racinaire (+ tolérance de 20 cm).

Si l'on prend soin de maintenir en permanence le profil d'humidité au voisinage de la capacité au champ de l'horizon colonisé par la plante, le bilan devient :

Dose irrigation (+ pluie) = consommation maximale du système irrigué de  $t_1$  à  $t_2$ .

Il est alors possible de comparer ces mesures à des valeurs d'ETP calculées (Penman) ou évaluées par une mesure bac A par exemple, et d'en déduire des coefficients culturaux caractérisant le système irrigué, soit l'ensemble non dissocié climat-sol-plante-réseau d'arrosage,  $K_s$  établi *in situ* :

Dose irrigation (+ pluie) =  $K_s$  ETP de référence

Un tel travail peut être aisément mené à bien si l'on dispose d'une station météorologique et trouver son aboutissement au niveau d'un service régional d'avertissement à l'irrigation par exemple. Dès lors le suivi à la sonde n'est plus nécessaire.

Par ailleurs, et ce n'est pas négligeable, les connaissances acquises en appliquant la méthode proposée peuvent conduire à une évaluation critique du système d'irrigation tant au niveau de ses performances et de son adaptation aux besoins de la culture irriguée liée au matériel installé, qu'à celui des données de bases ou normes utilisées pour sa conception en particulier l'estimation du besoin brut de pointe.

Telles apparaissent les perspectives pratiques immédiates que peut offrir l'utilisation d'une sonde à neutrons dont il n'est pas indispensable de procéder à l'étalonnage pour en tirer de grands bénéfices.

## BIBLIOGRAPHIE

CHAROY (J.), LEGOUPIL (J.C.) et FOREST (F.). 1978.  
Evapotranspiration. Besoins en eau des cultures. Relations eau-sol.  
Estimation fréquentielle des conditions d'alimentation hydrique  
en culture pluviale et irriguée. Bilan hydrique.

GUILLAUME (P.). 1990.  
Utilisation d'un humidimètre à neutrons pour une bonne gestion  
de l'eau d'irrigation.  
Exemple d'un jeune verger d'agrumes sur sol sableux «DIERI»,  
irrigué par système BUBBLER.  
Doc. ISRA/IRAT, Juin, 26 p.

VAKSMANN (M.). 1987.  
Etude du fonctionnement hydrique des andosols et des sols  
andiques de l'île de la Réunion.  
Thèse, Académie de Montpellier, Université des Sciences et  
Techniques du Languedoc, 170 p.

DETERMINACION CONTINUA DE LOS PARAMETROS DE  
GESTION Y COMANDO DE UN SISTEMA DE IRRIGACION POR  
MEDIO DE UN HUMEDIMETRO DE NEUTRONES.

P. GUILLAUME.

*Fruits*, Sep.-Oct. 1991, vol. 46, n° 5, p. 543-550.

RESUMEN - Si los sistemas de irrigación frecuentemente instalados  
en arboricultura frutal emplean técnicas y equipos de alta fiabilidad,  
solo su gestión eficaz permite obtener los beneficios esperados.

Conducir cotidianamente tales sistemas obliga a relacionar en perma-  
nencia datos relativos al medio (clima, suelo) y a la planta (consumo  
máximo de agua) con las características hidráulicas y los inconvenien-  
tes de utilización propios a los dispositivos y materiales adoptados.

Un método de manejo de las irrigaciones utilizando medidas de  
humedad del suelo establecidas *in situ* gracias a una sonda neutrónica  
es propuesta. Un organigrama detallado muestra como convertir los  
perfiles de conteo observados en parámetros de ajuste de las palancas  
de comando del sistema de riego.

Esta técnica de terreno que no obliga a marcar la sonda, permite  
proporcionar en continuidad una alimentación hídrica máxima y  
evita el despilfarro en los cultivos. La misma podría ser desarrollada  
principalmente a través de los organismos regionales de advertencia  
para la irrigación.

Reçu juin 1991

Accepté octobre 1991



Dans le cadre de son cycle annuel de réunions par programme, l'IRFA, avec la collaboration d'INIBAP, organise un SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LE BANANIER, qui aura lieu du 7 au 9 septembre 1992 dans l'amphithéâtre du CIRAD à Montpellier.

Ces trois journées porteront essentiellement sur l'amélioration génétique et sur les aspects phytosanitaires connexes qui seront abordés dans leurs relations avec l'amélioration génétique : Cercosporioses, Bunchy Top et autres viroses, nématodes et charançons, autres maladies majeures comme la maladie de Panama et la maladie de Moko.

*As part of its annual cycle of meetings related to its main research programmes, IRFA organizes, jointly with INIBAP, an INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BANANA. The meeting will take place on September 7-9, 1992, in the CIRAD amphitheatre in Montpellier (France).*

*The main issues tackled during these 3 days will be plant breeding and related phytopathological problems : Leaf Spots, Bunchy Top and other virus diseases, Nematoda and Weevils, and other major diseases such as Panama disease and Moko disease.*