

Pierre-Emile Van Laere

Mémento de l'irrigation

Collection “Manuels Techniques”

Manuel réalisé par ISF avec le soutien de la Direction générale de la Coopération internationale (DGCI)

© Ingénieurs Assistance Internationale - Ingénieurs sans Frontières 2003

<http://www.isf-iai.be>

mail@isf-iai.be

Avenue du Marly, 48, 1120 Bruxelles - Belgique

Nous remercions toutes les personnes sans qui ce document n'aurait pas pu voir le jour et en particulier
Jérôme Bindelle et Emmanuel Grosjean

Table des matières

1 INTRODUCTION.....	3
2 EVALUATION DES BESOINS EN EAU DES PLANTES CULTIVÉES.....	4
3 ESTIMATION DES DOSES ET FRÉQUENCES D'IRRIGATION AU NIVEAU DES PARCELLES.....	6
4 SYSTÈMES D'IRRIGATION.....	7
5 ENTRETIEN ET MAINTENANCE DES SYSTÈMES D'IRRIGATION.....	8
6 STRUCTURE DE GESTION.....	9
7 BIBLIOGRAPHIE.....	10
8 ANNEXES.....	11

Memento de l'irrigation

I. Introduction

La mise en place d'un système d'irrigation ne s'improvise pas. Une série d'éléments sont à prendre en considération, depuis la conception du projet jusqu'au processus de gestion à long terme des installations. Le présent memento a pour but de baliser de manière succincte les différentes démarches à entreprendre. Il s'agira principalement de rappeler quelques notions de base, non de traiter de façon exhaustive toutes les questions qui pourraient survenir. Si des informations plus précises s'avéraient nécessaires, il est conseillé de consulter les ouvrages de références repris dans la bibliographie.

Lors de la mise en place d'un système d'irrigation, l'ordre logique des démarches à suivre est le suivant:

- évaluation des besoins en eau des plantes cultivées;
- détermination des doses et de la fréquence des arrosages;
- choix, dimensionnement et budgétisation du système d'irrigation.

Un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation a été mis au point par la FAO. Ce logiciel permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de différentes pratiques d'irrigation.

Le logiciel CROPWAT est disponible gratuitement sur le site de la FAO à l'adresse suivante: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwat.htm>. Deux versions existent. La première, très compacte, tourne sous environnement DOS et tient sur une disquette. La deuxième, plus conviviale à utiliser, travaille sous l'environnement Windows. Elle demande néanmoins un espace mémoire plus important. Il s'agit respectivement de CROPWAT 7.0 et de CROPWAT for Windows. Ces deux versions utilisent les mêmes méthodes de calculs et sont fort simples d'utilisation. Leur principal avantage est d'éviter la manipulation de nombreuses formules souvent lourdes à utiliser.

2. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

- les données climatiques donneront les indications nécessaires concernant les besoins en eau de la culture ;
- les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ;
- les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

A l'aide des différents résultats obtenus, il sera relativement aisé de déterminer par la suite les quantités d'eau d'irrigation nécessaires au bon développement de la plante. Celles-ci seront calculées au moyen du logiciel CROPWAT.

2.1. Calcul de l'évapotranspiration

Le déficit hydrique, qui peut également s'exprimer sous le terme de besoins en eau (B), se définit comme la différence entre l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture considérée et les précipitations efficaces (P_{eff}).

L'évapotranspiration réelle s'obtient en multipliant l'évapotranspiration standard par le coefficient cultural.

$$ETR = ET_0 * K_c$$

ET_0 représente l'évapotranspiration standard définie par Penman (1956) comme étant la quantité d'eau transpirée par unité de temps par une végétation courte et verdoyante, recouvrant complètement le sol, de hauteur uniforme et qui ne manque jamais d'eau. Elle se calcule à partir de la formule de Penman-Monteith et des données climatiques de la région.

K_c correspond au coefficient cultural, fonction du type de culture et de son état végétatif.

Les données climatiques (moyennes mensuelles) à fournir pour déterminer l'Evapotranspiration sont reprises ci-dessous:

- T_m : températures moyenne, exprimées en °C.
- HR_m : humidités de l'air moyenne, exprimées en %.
- V_m : vitesses du vent moyenne, exprimées en m/s.
- P_a : pression de l'air, exprimée en kPa.
- P : précipitations exprimées en mm.
- N : nombre de jours de précipitation par mois
- $Insol.$: durée d'insolation, exprimée en heure.
- E_{to} : évapotranspiration de référence calculée par la méthode de Penman-Montheih, exprimée en mm/jour.

La pluie efficace, P_{eff} , représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. Le choix de la méthode appropriée pour le calcul des précipitations efficaces demande une réflexion sérieuse. Différentes méthodes ont ainsi été développées, chacune prenant en compte le climat de la région où doivent s'effectuer les mesures. Le logiciel CROPWAT en propose 4.

- La première formule propose un pourcentage fixe :

$P_{\text{eff}} = A * P_{\text{moy}}$ dans laquelle A est une fraction donnée par l'utilisateur. En général, A est compris entre 0.7 et 0.9.

- La deuxième formule a été développée à partir de données provenant de zones arides et semi-arides :

$$P_{\text{eff}} = 0.6 * P_{\text{moy}} - 10 \quad \text{pour} \quad P_{\text{moy}} < 70 \text{ mm/mois}$$

$$P_{\text{eff}} = 0.8 * P_{\text{moy}} - 25 \quad \text{pour} \quad P_{\text{moy}} > 70 \text{ mm/mois}$$

- La troisième est une formule empirique développée localement. Les coefficients utilisés sont déterminés à partir d'une analyse des données climatiques locales:

$$P_{\text{eff}} = A * P_{\text{moy}} + B \quad \text{pour} \quad P_{\text{moy}} < x \text{ mm/mois}$$

$$P_{\text{eff}} = C * P_{\text{moy}} + D \quad \text{pour} \quad P_{\text{moy}} > x \text{ mm/mois}$$

- La quatrième formule a été mise au point par le département américain de l'agriculture (USDA) :

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{moy}} * (1 - 0.2 * P_{\text{moy}} / 125) \quad \text{pour} \quad P_{\text{moy}} < 250 \text{ mm/mois}$$

$$P_{\text{eff}} = 125 + 0.1 * P_{\text{moy}} \quad \text{pour} \quad P_{\text{moy}} > 250 \text{ mm/mois}$$

Les besoins en eau (B) seront calculés pour chaque culture au moyen du logiciel CROPWAT en y introduisant les paramètres climatiques et culturaux. Les besoins en eau s'expriment en m³/ha.

2.2. Données culturales

Le logiciel CROPWAT contient un fichier reprenant les caractéristiques culturales d'un grand nombre de cultures. Ces données sont les suivantes :

- le coefficient cultural, K_c, est utilisé pour calculer l'évapotranspiration réelle de la culture. Il est fonction de la plante et de son état végétatif ;
- le tarissement admissible représente le niveau critique de l'humidité du sol à partir duquel le stress dû au manque d'eau se fait sentir, affectant l'évapotranspiration et la production de la culture. Les valeurs sont exprimées en fraction de l'humidité totale disponible du sol ;
- le coefficient de réponse du rendement, K_y, permet d'estimer les réductions de rendement dues au stress hydrique.

2.3. Estimation de la réserve en eau utile

$$EU = (\theta_{FC} - \theta_{WP})$$

$$RU = EU * Z_r = (\theta_{FC} - \theta_{WP}) * Z_r$$

$$RFU = RU * f$$

- EU est la teneur en eau utile du sol (mm/m). EU est la différence entre le contenu en eau à la capacité au champ (θ_{FC}) et la teneur en eau au point de flétrissement (θ_{WP}).

- Z_r (m), la profondeur d'enracinement maximale, déterminée pour des cultures arrivées à maturité et cultivées sur sol profond.

- RU (mm) est l'eau accessible aux végétaux dans le volume de sol exploité par leurs racines.

- La réserve facilement utilisable (RFU) est la quantité d'eau qu'une plante peut extraire d'un sol sans que sa production ne soit affectée de façon notable. Elle est définie par l'introduction d'un coefficient empirique, f. Ce coefficient représente le risque potentiel de soumettre la plante à un stress hydrique et est fonction de la culture. Il est généralement admis de lui donner une valeur de 2/3.

3. Estimation des doses et fréquences d'irrigation au niveau des parcelles

Lorsque les besoins en eau des cultures tout au long de leur phase de croissance sont connus, il reste à estimer les quantités d'eau d'irrigation à fournir au niveau de la parcelle. Pour ce faire, il est nécessaire d'en connaître les données pédologiques. Celles-ci permettront de déterminer la capacité de stockage de l'eau dans le sol et par-là même de déterminer la dose d'irrigation à appliquer selon une fréquence définie par l'agriculteur de façon à couvrir les besoins en eau des cultures.

Les paramètres nécessaires sont les suivants:

- le type de sol ;
- la teneur en eau utile (EU) ;
- la profondeur d'enracinement (Zr) ;
- la vitesse maximale d'infiltration de l'eau dans le sol (Ksat) ;
- le pourcentage de tarissement initial du sol (q initiale).

Qtés totale (m³) = B (m³/ha) * Surface de la parcelle irriguée (ha)

L'irrigation d'appoint se distingue de l'irrigation pérenne par le fait qu'elle consiste à apporter une petite quantité d'eau aux cultures pour palier à l'insuffisance des précipitations, dans le but de stabiliser les rendements. Elle ne pourrait à elle seule permettre aux cultures d'arriver à maturité, mais elle complète les précipitations et l'irrigation classique. L'effet de l'irrigation d'appoint est maximal lorsqu'elle est pratiquée à un stade critique du développement de la culture (floraison, maturation, etc.).

4. Systèmes d'irrigation

Les systèmes d'irrigation se regroupent en 2 catégories : les systèmes gravitaires et les systèmes sous pression :

4.1. les systèmes gravitaires

- irrigation en bassin (plus connue) : l'eau est apportée sous forme d'une nappe dans un bassin (qui peut être cloisonné) aménagé sur un sol nivelé (pente de 0,1 à 1 %) ;
- irrigation à la raie : l'eau est apportées par ruissellement dans des sillons séparés d'une distance de 0,6 m à 1,25 m ; le sol est nivelé (pente de 0,2 à 3 %) ;
- irrigation par siphon ou rampes à vannettes : l'eau est amenée à la raie par des siphons ou des rampes à vannettes qui permettent la réduction de l'érosion en tête de la raie, une meilleure maîtrise des débits et de l'uniformité de répartition de l'eau.

4.2. les systèmes sous pression

- irrigation par aspersion : épandage de l'eau sous forme de pluie avec régulation et uniformité de la dose apportée à condition que la zone ne subisse pas des vents supérieurs à 4 m/s ; les systèmes d'irrigation par aspersion sont soit fixes, soit mobiles;
- irrigation localisée : l'eau circule dans des tuyaux souples de petit diamètre disposés à la surface du sol et sont munis de dispositifs "égoutteurs" qui apportent l'eau au pied des végétaux ; les systèmes d'irrigation localisée les plus répandus sont le goutte à goutte (indiqué pour le maraîchage) et le micro-jet (indiqué pour l'arboriculture).

Les systèmes d'irrigation sous pression engendrent une économie d'eau moyenne de 30 à 60 % par rapport aux systèmes gravitaires. Les systèmes d'irrigation localisée, quant à eux, peuvent engendrer une économie d'eau allant jusqu'à 50 % par rapport aux systèmes par aspersion (limitation maximale de l'évaporation et de la percolation car l'eau est livrée à faible dose n'humidifie qu'une fraction du sol). Les systèmes d'irrigation localisée occasionnent les plus-values suivantes : prévention du développement des mauvaises herbes et possibilité de fertigation. Ils ne sont par contre pas adaptés si les cultures emblavées sont à enracinement profond ainsi que si les eaux sont trop chargées (sable, limon, matière organique, fer,...qui peuvent obstruer les tuyaux) ou trop salées (pas de lessivage).

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas de sols à faible profondeur, de sols légers et perméables, en cas de relief trop accidenté ainsi qu'en cas d'utilisation d'eau salée.

5. Entretien et maintenance des systèmes d'irrigation

Un bon entretien des systèmes d'irrigation est indispensable si on veut maintenir le potentiel d'économie d'eau et éviter le gaspillage.

Parmi les principaux problèmes relatifs à l'entretien du système d'irrigation, on retiendra :

- l'état défectueux des régulateurs de pression ou des limiteurs de débits ;
- les fuites dans les tuyauterie d'adduction d'eau ;
- l'état défectueux des canaux et des raies.

Ces éléments conduisent notamment à une réduction de la durée de vie du matériel, une dérégulation de l'uniformité spatiale de la répartition d'eau, une surconsommation d'eau, des problèmes de distribution d'eau (qui peuvent pénaliser les exploitants situés en extrémité du système d'adduction) et des conflits d'usagers.

Pour éviter ces problèmes, il faut dès lors :

- entretenir le réseau d'irrigation : remplacement joints et bétons endommagés et/ou colmatage des fissures ; remplacement et/ou nettoyage filtres et grilles ; nettoyage, débouchage et ou curage ;
- entretenir les berges ;
- entretenir des ouvrages de stockage (nettoyage et ou curage) ;
- surveiller de la qualité des eaux ;
- observer de façon continue de l'état des infrastructure et du matériel ;
- planifier les opérations ;
- budgétiser le coût des opérations ;

La non budgétisation du coût et la non planification routinière de l'entretien des infrastructures et des systèmes constituent généralement un frein au développement de ces techniques.

6. Structure de gestion

Enfin, la mise en place d'infrastructure d'irrigation s'accompagne impérativement de la mise en place d'une structure de gestion, organe représentatif de l'ensemble des exploitants qui gère au jour le jour le bon fonctionnement du périmètre d'irrigation.

La mise en place d'une telle structure avec des statuts bien définis permet de réguler les conflits d'usagers, l'adéquation entre les intérêts individuels et le caractère collectif de certaines infrastructures, les stratégies de suivi et d'entretien des équipements.

7. Bibliographie

Allen R. G., Luis S., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Rome, Italy, FAO.

Disponible sur Internet, consulté le 5 mai 2002 :

<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>

CIRAD (2002). Mémento de l'agronome. Montpellier, France : CIRAD

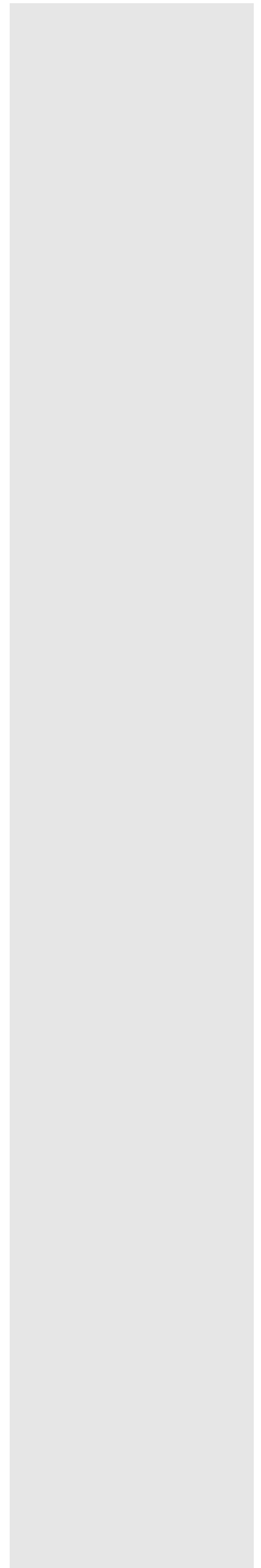
Grosjean E. (2002). Manuel de bonnes pratiques agricoles pour la région de Meknès-Tafilalet (Maroc). Ecole nationale d'Agriculture de Meknès - FUSAGx. Coopération Wallonie-Bruxelles/Maroc. Version provisoire.

Walker W.R. (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. Rome, Italy, FAO. Disponible sur Internet, consulté le 5 mai 2002 :

<http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.htm>

8. Annexes

Annexe I : Questionnaire d'identification des projets de cultures irriguées



Annexe I : Questionnaire d'identification des projets de cultures irriguées

Dans le cas de l'existence de plusieurs parcelles et/ou de différentes cultures, veuillez utiliser un questionnaire par parcelle et par culture.

Les informations demandées sont fort techniques. Les données climatologiques peuvent être obtenues auprès de l'administration compétente de votre région. Si ce n'est pas le cas, adressez-vous à la faculté d'agronomie de l'université la plus proche. Concernant les données pédologiques, il est fortement conseillé de réaliser une étude de sol de façon à obtenir des informations aussi précises que possible. Ces études peuvent être commandées auprès des universités ou de firmes spécialisées.

I. Localisation précise du lieu (Pays, département, district, commune,...)

.....

Il est nécessaire de fournir une carte topographique de la région, sur laquelle seront reprises la localisation des terres cultivées ainsi que des captages d'eau utilisables (cours d'eau, puits, adductions, nappes phréatiques...).

II. Informations culturelles

- Nom de la culture :

.....

- Superficie de la parcelle occupée par la culture (ha) :

.....

- Date de mise en culture (mois de l'année) :

.....

III. Données pédologiques :

- Type de sol (sableux, argileux, limoneux, sablo-limoneux, ...):

.....

Si ces données sont disponibles, précisez les pourcentages texturaux :

% Argile :

% Limon :

% Sable :

- Vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol :

Ksat (mm/j) :

- Teneur en eau initiale du sol au moment de la mise en culture :

θ_{initiale} (cm³/cm³) :

- Présence d'une nappe phréatique : oui / non

Si oui, quelle est sa fluctuation :

profondeur maximale :cm ;

profondeur minimale :cm.

- Quelle est la courbe pf du sol ?

A défaut, pouvez-vous donner la capacité en champ ?

Le point de flétrissement ?

V. Situation hydrique et climatologique de la région. Données mensuelles moyennes à fournir sur une période d'une année pour déterminer l'Évapotranspiration de la culture (ETP) :

- T_m : températures moyenne, exprimées en °C.
- HR_m : humidités de l'air moyenne, exprimées en %.
- V_m : vitesses du vent moyenne, exprimées en m/s.
- P_a : pression de l'air, exprimée en kPa.
- P : précipitations exprimées en mm.
- N : nombre de jours de précipitation par mois
- Insol. : durée d'insolation, exprimée en heure.
- ET_o : évapotranspiration de référence calculée par la méthode de Penmann-Montheih, exprimée en mm/jour.

Si l'obtention des données nécessaires pour compléter le tableau ci-dessus s'avère compliquée, il est possible de demander auprès des autorités locales ou auprès du siège de la FAO les données concernant l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Informations nécessaires au dimensionnement des installations d'irrigation

VI. Il est indispensable de disposer d'informations précises concernant les réserves en eau disponibles pour l'irrigation, notamment le débit du puit, du cours d'eau le plus proche (cfr point I).

.....

VII. Choix du système d'irrigation (Gravitaire, Aspersion, Goutte à goutte, Autre)

Défini par l'agriculteur :

.....

.....

Encore à déterminer

VIII. Remarques éventuelles :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....