

## Conception et mise en oeuvre d'un sig pour la gestion des systèmes d'irrigation sous pression

El Yacoubi Z., Hamdoun L., El Karimi N., Harroud N., Layachi A.

in

Lamaddalena N. (ed.).  
Annual Meeting of the Mediterranean Network on Collective Irrigation Systems (CIS\_Net)

Bari : CIHEAM  
Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 31

2000  
pages 121-130

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=1002080>

To cite this article / Pour citer cet article

El Yacoubi Z., Hamdoun L., El Karimi N., Harroud N., Layachi A. **Conception et mise en oeuvre d'un sig pour la gestion des systèmes d'irrigation sous pression.** In : Lamaddalena N. (ed.). *Annual Meeting of the Mediterranean Network on Collective Irrigation Systems (CIS\_Net)*. Bari : CIHEAM, 2000. p. 121-130 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 31)



<http://www.ciheam.org/>  
<http://om.ciheam.org/>

# CONCEPTION ET MISE EN OEUVRE D'UN SIG POUR LA GESTION DES SYSTEMES D'IRRIGATION SOUS PRESSION

par Z. El Yacoubi<sup>1</sup>, L. Hamdoun<sup>2</sup>, N. El  
Karimi<sup>2</sup>,  
N. Harroud<sup>3</sup>, A. Layachi<sup>4</sup>

## Résumé:

Le Maroc compte actuellement une superficie global d'environ 130.000 ha équipée en aspersion au niveau des périmètres de la grande hydraulique. La gestion de ces périmètres est sujette à plusieurs contraintes de plus en plus lourdes à gérer surtout, si l'on considère les conditions de pénurie d'eau qui se font de plus en plus fréquentes, et les niveaux faibles de rendement des équipements conséquents d'une dégradation avancée sur une bonne partie de la superficie concernée.

En effet, les situations de mise en valeur, les conditions d'exploitation des équipements et le poids de la composante énergie dans la mobilisation, le transport et la distribution d'eau ne correspondent plus aux schémas pris en compte aux moments de la conception des projets. Les gestionnaires se trouvent ainsi contraints à adopter des règles, souvent empiriques, pour la distribution et la facturation de l'eau aux agriculteurs, avec en général les seuls soucis de limiter les consommations d'énergie et de facturer la totalité du volume distribué, sans pour autant avoir la garantie de rationalité, d'équité et de transparence.

Plusieurs outils de suivi sont développés pour assister les gestionnaires dans l'exploitation et l'analyse des performances des réseaux. Cependant, ils sont souvent limités dans le traitement, du

---

<sup>1</sup> Ingénieur à la DDGI du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes.

<sup>2</sup> Ingénieur d'Etat en Génie Informatique.

<sup>2</sup> Ingénieur d'Etat en Génie Informatique.

<sup>3</sup> Enseignant à l'Ecole Mohamedia des Ingénieurs.

<sup>4</sup> Ingénieur au Centre Royal de Télédétection Spatiale.

fait qu'ils considèrent la performance des réseaux dans leur ensemble ou qu'ils présentent les résultats sous des formes difficilement exploitables dans la pratique.

Dans ce contexte, le présent travail consiste en le développement d'un outil de simulation, permettant le suivi et l'analyse de fonctionnement des réseaux, la prévision de leur comportement au vu d'un scénario prédéfini de mise en culture et de distribution. Il permet d'assister les gestionnaires dans la prise de décision pour remédier aux défaillances éventuellement décelées et de garantir en conséquence, un niveau de productivité optimale.

L'outil développé s'appuie sur les potentialités offertes par le Système d'Information Géographique qui permet de combiner les méthodes de simulation aux données spatiales. En effet, l'outil permet de déterminer les débits demandés en chaque point du réseau en fonction des besoins en eau des cultures en place, de simuler le fonctionnement du réseau en régime permanent selon un scénario de distribution donné, et d'évaluer en conséquence le niveau de prestation correspondant. La représentation spatiale des résultats permet de localiser les branches défavorisées, d'adapter les règles de gestion en conséquence et de programmer des interventions au niveau du système (renforcement, limitation de débit...) si nécessaire. Par ailleurs, la représentation spatiale des relevés périodiques des index des compteurs comparés aux besoins en eau des cultures, permettra aux gestionnaires de localiser les surconsommations, pertes d'eau au niveau des parcelles et les infractions éventuelles dans le système.

## 1. Introduction

Lors de la conception des réseaux d'irrigation sous pression, chaque parcelle reçoit un assolement de cultures obligatoire (théorique). Chacune de ces cultures doit bénéficier d'une dotation spécifique, calculée pour correspondre à ses besoins en eau.

A chaque secteur d'irrigation correspond donc une dotation annuelle, elle même répartie mensuellement en fonction des besoins en eau des plantes, de leur état végétatif et des conditions climatiques. Une dotation pour la période de pointe est ainsi calculée, sur la base de laquelle le

*Conception et mise en oeuvre d'un SIG pour la gestion des systèmes d'irrigation sous pression*

---

dimensionnement des ouvrages et des équipements est déterminé.

Dans le cas des systèmes collectifs d'irrigation conçus pour fonctionner à la demande, la distribution d'eau consiste à assurer la livraison de l'eau à la prise 24 h sur 24h, en garantissant les débits et pression du projet à toutes les prises ouvertes simultanément.

Toutefois, la rigidité de l'affectation des cultures est de plus en plus difficile à imposer aux agriculteurs, elle est donc en voie d'assouplissement avec une libéralisation des assolements. A ces évolutions s'ajoute l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation, conduisant à un changement du comportement des irriguants, qui se traduit par de longues périodes d'utilisation quasi simultanée de toutes les prises.

De même, la fixité des systèmes hydrauliques impose des contraintes restrictives à ces évolutions. Les réseaux ne peuvent pas satisfaire en période de pointe la totalité des débits des prises appelées à fonctionner simultanément, ils sont donc saturés. Cette saturation peut être limitée à une branche plus sollicitée ou généralisée en faveur d'un petit nombre d'utilisateurs généralement situés en amont et au détriment de tous les autres pour lesquels la pression et le débit deviennent totalement insuffisants.

Les gestionnaires se trouvent ainsi contraints à appliquer des règles, souvent empiriques, pour l'exploitation des réseaux, généralement au détriment de la qualité du service rendu aux usagers.

Dans ce qui suit, il est développé un outil de simulation permettant le suivi et l'analyse de fonctionnement des réseaux collectifs d'irrigation sous pression et la prévision de leur comportement au vu de scénarios prédéfinis de mise en culture et de distribution. Il est conçu dans l'objectif, d'assister les gestionnaires dans la prise de décision pour remédier aux défaillances éventuellement décelées, et de garantir en conséquence, un niveau de productivité optimale.

L'approche suivie est basée sur :

*Conception et mise en oeuvre d'un SIG pour la gestion des systèmes d'irrigation sous pression*

---

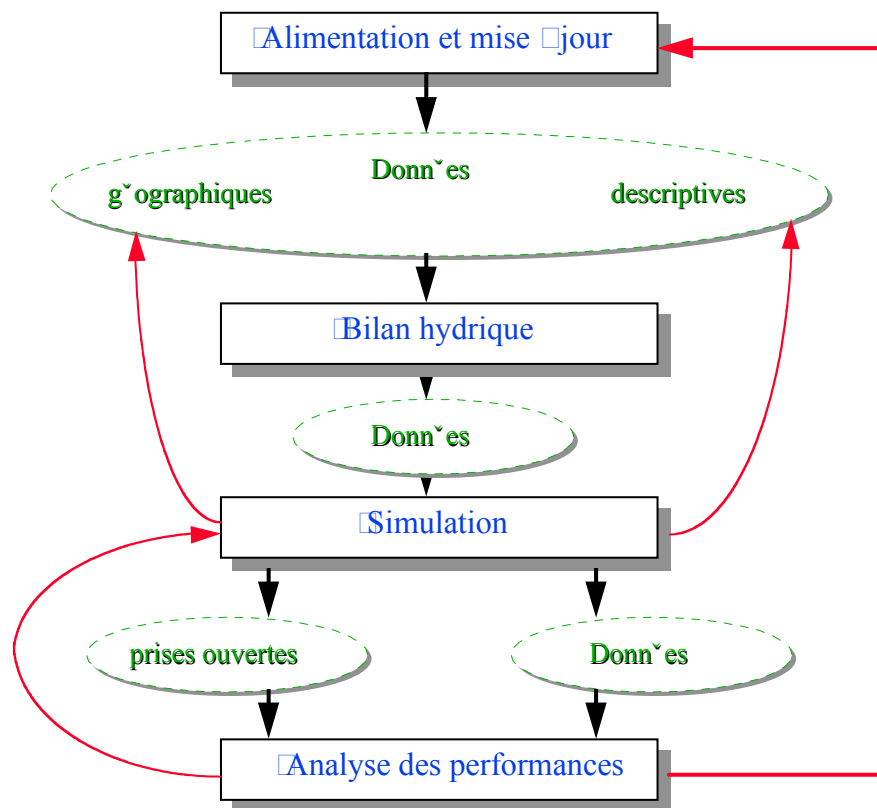
- 1 l'évaluation de la demande journalière en eau par parcelle ,
- 2 la génération des irrigations pour satisfaire les besoins évalués ,
- 3 la simulation du fonctionnement de réseau en régime permanent en fonction du scénario de distribution arrêté,
- 4 le calcul des indicateurs de performance,
- 5 la présentation spatiale des ratios et des indicateurs de performances calculés.

## 2. Conception de l'outil

L'outil est développé sous un système d'Information Géographique (ARC/INFO). Ce type de système se distingue par les possibilités qu'il permet, à savoir la combinaison des méthodes de simulation aux données spatiales et la présentation des résultats sous forme graphique, adaptée aux besoins des gestionnaires.

L'architecture globale de l'outil se compose de quatre modules :

- ❑ module d'alimentation et de mise à jour;
- ❑ module de calcul du bilan hydrique,
- ❑ module de simulation,
- ❑ module d'analyse des performances.



Architecture globale du système

a - module d'alimentation et de mise à jour:

Cette opération permet à l'opérateur de constituer et de mettre à jour sa base de données avec les différentes données relatives au projet. L'alimentation de la base de données peut se faire selon plusieurs modes, suivant la nature des données que l'on veut introduire, ainsi:

aa) pour les données cartographiques: l'acquisition de ces données se fait par numérisation ou scanérisation des cartes correspondantes;

ba) pour les données alphanumériques: le traitement d'alimentation offre à l'utilisateur la possibilité d'intégrer les données par une saisie manuelle à travers des écrans de saisie ou automatiquement (chargement de fichiers).

b - module du bilan hydrique:

Ce module est conçu pour calculer les dates et les durées des irrigations à l'échelle de chacune des

*Conception et mise en oeuvre d'un SIG pour la gestion des systèmes d'irrigation sous pression*

---

parcelles desservies par le réseau. Ces irrigations sont déterminées par un suivi journalier du bilan hydrique dans la zone racinaire, selon l'équation:

$$S_{(j+1)} - S_{(j)} = (P_{eff(j)} + I_{(j)}) - (ETc_{(j)} - D_{(j)})$$

où

$S_{(j+1)} - S_{(j)}$  : Variation du stock d'eau dans le sol.

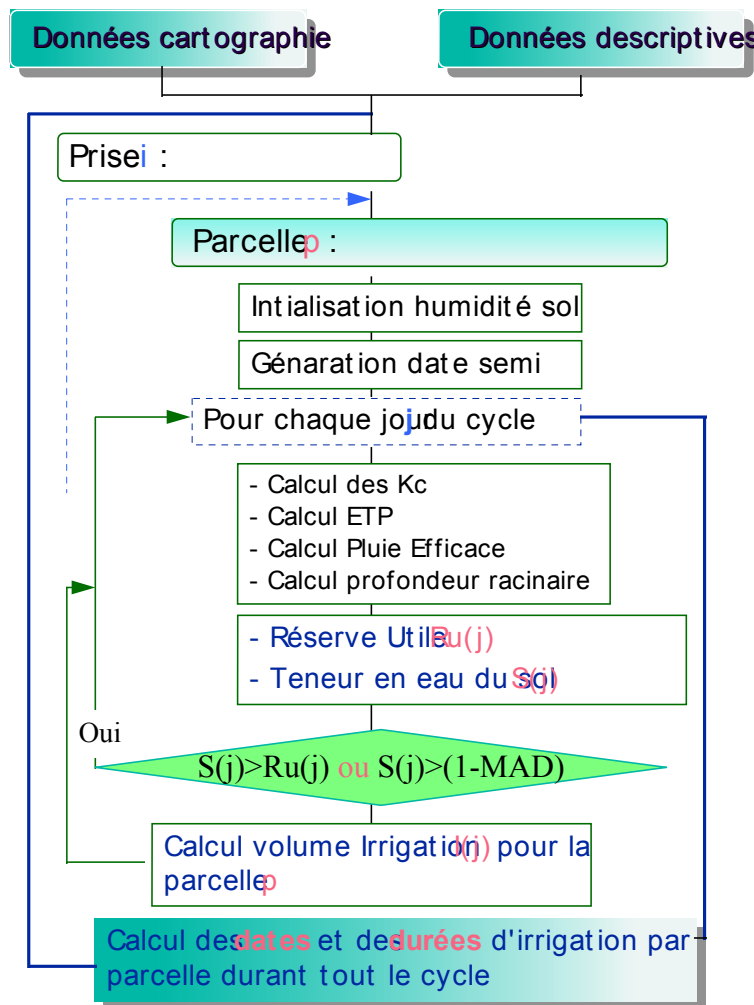
$P_{eff(j)}$  : Pluie efficace.

$I_{(j)}$  : Hauteur d'irrigation.

$ETc_{(j)}$  : Evapotranspiration de la culture.

$D_{(j)}$  : Pertes par drainage.

Dans le calcul, la culture est supposée avoir une évapotranspiration maximale jusqu'à une valeur seuil de la réserve utile du sol, à partir de laquelle il faut irriguer. Ainsi pour une culture donnée, l'évapotranspiration journalière est calculée par:  $ETc = Kc * ETP$  avec  $ETP$  l'évapotranspiration de référence. Les dates et les doses d'irrigation sont ensuite déterminées par référence à un seuil relatif au stock d'eau dans le sol, indiquant une irrigation chaque fois que son niveau atteint un déficit supérieur à celui permis admissible. Pour des raisons de simplicité du modèle, ce seuil de déficit de gestion permis (MAD %), a été fixé constant durant tout le cycle, pour une culture donnée.

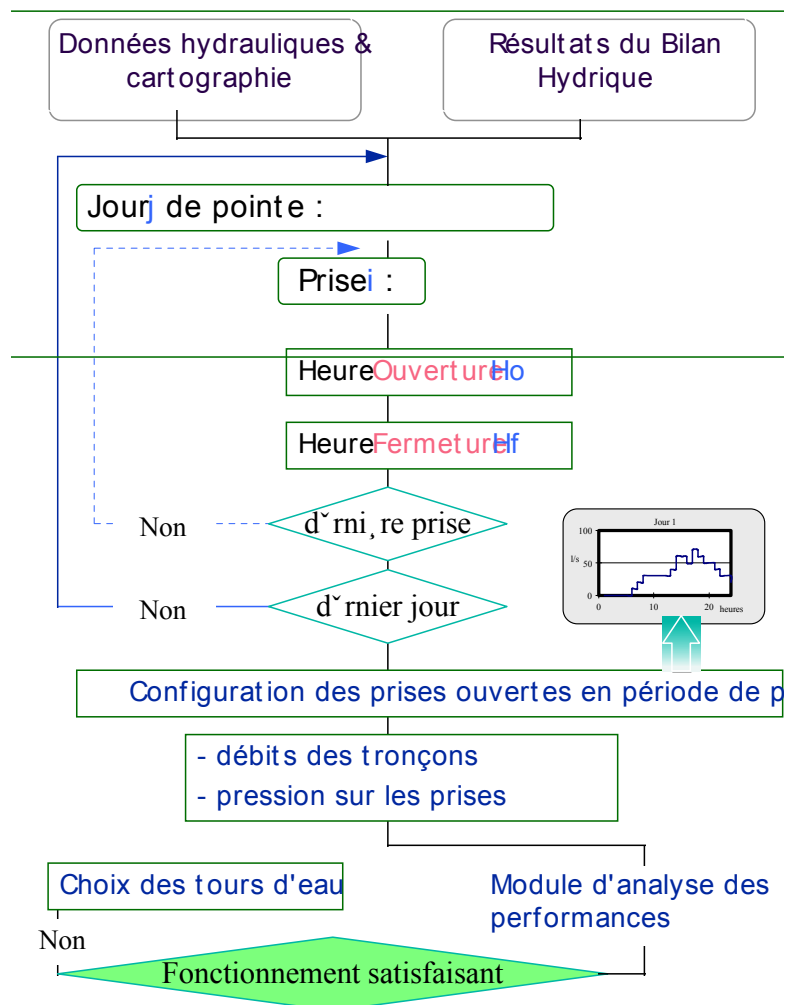


Organigramme schématique du module de bilan hydrique

c - module de simulation du fonctionnement du réseau:

A partir des volumes journaliers des irrigations calculés à l'échelle des parcelles, le module de simulation détermine les différentes configurations de prises ouvertes en période de pointe, et par là le débit de chaque tronçon ainsi que les pressions de fonctionnement simulées sur ces prises pour chaque configuration. Ces pressions calculées sont comparées aux pressions minimales fixées par le projet. Ces simulations partent du principe que toutes les prises sont en état de fonctionnement correcte, et que les débits prélevés ne peuvent en aucun cas dépasser le débit nominal fixé à la sortie de chaque prise.





Organigramme schématique des modules de simulation et d'analyse des performances

Ce module produit en sortie les hydrographes de demande durant la période de pointe, les configurations des prises ouvertes simultanément durant la même période et les pressions simulées sur les prises en fonctionnement pour chaque configuration.

d - module d'analyse du fonctionnement du réseau:

Ce module fournit au gestionnaire les éléments d'appréciation de la qualité du service rendu aux usagers ainsi que les paramètres permettant la prise de décision en temps opportun pour satisfaire les demandes dans les meilleures conditions permises.

Les données introduites dans le module sont:

*Conception et mise en oeuvre d'un SIG pour la gestion des systèmes d'irrigation sous pression*

---

1. la carte du réseau et du parcellaire;
2. les caractéristiques hydrauliques du réseau;
3. les configurations des prises ouvertes et les pressions correspondantes simulées en période de pointe;
4. les consommations réelles relevées périodiquement sur les compteurs au niveau des prises.

Trois principaux indicateurs sont calculés:

1. Déficit de pression relatif par prise:  $(P - P_{min})/P_{min}$ ;
2. Probabilité de satisfaction des prises;
3. Adéquation des besoins en eau et consommation des cultures: ratio entre le volume consommé et les besoins théoriques par prise.

La présentation spatiale des résultats de cette analyse permet de localiser les branches défavorisées, d'adapter le mode de distribution en conséquence (restriction si nécessaire par tour d'eau) et de programmer des interventions au niveau du système (renforcement, limitation de débit...) si nécessaire. Par ailleurs, la représentation spatiale des relevés périodiques des index des compteurs comparés aux besoins en eau des cultures, permettra aux gestionnaires de localiser les surconsommations, les pertes d'eau à l'échelle des exploitations et les infractions éventuelles sur le réseau collectif.

Des indicateurs relatifs à la performance globale du système sont également calculés, à savoir:

1. le niveau du service rendu aux usagers: défini par le rapport entre le volume réellement distribué en tête du réseau et les besoins en eau globaux des cultures installées;
2. la prévision des volumes distribués: définie par le rapport entre le volume réellement distribué en tête du réseau et le volume correspondant programmé en début de campagne. Il permet de renseigner à quel point le gestionnaire a bien estimé les volumes à distribuer durant la campagne;
3. l'efficacité de la distribution: elle correspond au ratio entre le volume réellement mis en

distribution en tête du réseau et le volume total comptabilisé aux prises desservies sur une période donnée.

4. la capacité de livraison d'eau: définie par le rapport entre le débit fictif continu calculé à partir des besoins en eau des cultures irriguées et le débit fictif continu prévu par le projet.

### 3. Conclusions

Le présent travail a initié suite aux difficultés qui se font de plus en plus lourdes à gérer dans l'exploitation des réseaux d'irrigation par aspersion. En effet, les gestionnaires sont appelés à s'engager avec les irrigants sur un niveau de qualité de service sans avoir les outils leur permettant de se rendre compte du niveau des prestations des réseaux qu'ils gèrent.

L'outil développé présente l'intérêt particulier d'intégrer les modèles de simulation avec le Système d'Information Géographique, il présente les informations sous des formats très élaborés qui permettent de prendre les décisions dont l'impact est évalué au préalable. Il peut avoir différents usages:

1. au démarrage des campagnes agricoles pour prévoir les défaillances éventuelles en fonction des scénarios de mise en cultures prévues, le gestionnaire peut donc à l'avance revoir l'occupation du sol prévue ou prévoir des arrangements dans le mode de distribution;
2. au cours de la campagne agricole pour analyser les possibilités et l'impact d'une distribution à la demande et à tour d'eau et de l'effacement pendant la pointe;
3. à la fin de la campagne agricole pour analyser d'une part les cartes des ratios consommation/besoin, qui peuvent renseigner sur les fuites et les infractions dans le réseau et d'autre part les cartes des performances hydrauliques, ce qui permet de localiser les branches les plus défavorisées.

## Bibliographie

BELGUENANI H, EL KASSIMI A., HAFIANE R., 1998 *Use and utility of performance indicators in irrigation management*. Rabat, Maroc.

C. BONNAL, 1990. *Manuel d'irrigation par Aspersion*.

C. PEUCH et M. MEUNIER, *Analyse des défaillances et étude du renforcement des réseaux par aspersion* Onzième Congrès.

M.M. San Payo and J.L. Teixeira. *Use of GIS and water balance model to estimate irrigation Requirements*.

N. LAMADDALENA, 1997. *Integrated simulation modeling for design and performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems*. Universidade Tecnica de Lisboa.