

## MICRO-IRRIGATION DE LA TOMATE SOUS SERRE

### *Microirrigation of tomato under greenhouse*

LAKHDAR ZELLA<sup>1\*</sup>, DALILA SMADHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculté Agro-vétérinaire, Université de Blida, Algérie.

Fax : 21325431164, Email : lakhdarz@yahoo.fr

<sup>2</sup> INRA, Station de Baraki, Alger, Email : dalsmadhi@yahoo.fr

#### RÉSUMÉ

La serriculture est un mode de production intensive qui exige que les facteurs de production soient maximisés afin d'assurer une rentabilité. Le présent travail consiste à proposer un exemple de dimensionnement optimal du réseau de micro-irrigation, d'une culture de tomate sous serre. Les résultats, obtenus grâce à l'utilisation d'un modèle théorique de dimensionnement, montrent que les volumes d'eau nécessaires à l'irrigation d'un plant de tomate sont évalués à 157,5 litres pour tout le cycle de développement. L'irrigation de fréquence journalière, durera au total 78 h 42 minutes, pendant la période végétative de 140 jours, avec une uniformité satisfaisante de 95%. La serre exige 157,5 m<sup>3</sup> et l'hectare consomme 4 000 m<sup>3</sup>. La capacité de la tête du réseau pour un hectare est réduite à 27 m<sup>3</sup>/h, si on opte pour une irrigation en deux temps, c'est à dire par demi-hectare alterné. Elle s'élève à 54 m<sup>3</sup>/h si l'irrigation est réalisée simultanément pour toute la superficie de un hectare. Cette capacité requiert une pression totale de 2 bars et un peu moins dans le cas de l'alternance. Le coût global de l'équipement est évalué à 13,9 millions de Dinars Algériens, alors que les charges annuelles, dominées par la fertilisation, représentent la moitié du coût global.

**MOTS CLÉS :** tomate, besoins en eau, micro-irrigation, dimensionnement

#### ABSTRACT

The agriculture in green house is one of the intensive production models, so factors of production must be maximized in order to warrant net profit. The present work consists on an example of optimal design set up of the micro-irrigation network of cultivated greenhouses of tomato. Obtained results by using a theoretical model of design showed that 157.5 litres per plantation are necessary for the irrigation during 78 h 42. One greenhouse requires 157.5 m<sup>3</sup> and a hectare 4 000 m<sup>3</sup>. The water capacity of the network head for one hectare is 27 m<sup>3</sup>/h, if we irrigated an hectare in two times, it require 54 m<sup>3</sup>/h and 2 bars of a global pressure for the total area. From the previews observations, the equipment economic aspect of the project suggest that an amount of 13,9 millions DA per hectare and the relative expense per year is evaluated of 50 % of the global cost.

**KEY WORDS:** tomato, water requirement, micro-irrigation, design

#### 1 INTRODUCTION

La contribution du secteur agricole à la valeur ajoutée globale en Algérie est estimée à 13,54% selon le rapport de la loi de finance 2005 (M.F, 2004) et participe ainsi à hauteur de 10,6% du produit intérieur brut (PIB). La culture sous abris ou serriculture est un secteur générateur d'emploi, sachant que 1 000 à 1 200 journées de travail sont nécessaires pour exploiter un hectare (24 serres de 400 m<sup>2</sup>), soit 50 à 60 j/serre. Elle représente 1,4% des terres consacrées annuellement aux cultures maraîchères et offre 6,8% de la production nationale en produits maraîchers (ITCMI, 1995). Les solanacées représentent dans

l'ensemble 70% de la sole mise en culture en Algérie, avec une prédominance de la tomate (2 444 ha en 2004), soit 40% du potentiel en serre.

La serriculture est un mode de production intensive, elle assure des rendements élevés en dépit des intempéries et des extrêmes climatiques annuels. Les abris en verre, très équipés et relativement durables, sont utilisés dans les pays froids alors que les serres en plastique sont répandues notamment au sud du 44° parallèle, sous l'isohète 900 heures d'insolation réelle, d'octobre à mars. Durant ces mois, les plantes bénéficient d'une énergie solaire qui dépasse les 30 kilocalories par centimètre carré

(Papadopoulos, 1991). Cet avantage augmente naturellement vers le sud où les serres sont simplement en plastique et ne nécessitent ni de chauffage, ni d'apport de gaz carbonique. C'est le cas du Nord de l'Afrique où l'excès de chaleur, accentué par l'effet serre, pose en revanche problème. La production de tomate sous serre en Algérie représente en moyenne le cinquième de celle de la Hollande. Ce dernier pays est un pionnier dans cette option et capitalise plus de 9 000 ha, en favorisant les serres en verre et leur mécanisation poussée. Il produit plus de 600 tonnes de tomate par an, le double de la production en Espagne (Gosselin, 2004). Cependant les dépenses énergétiques sont plus importantes. Au Maghreb où les potentialités énergétiques solaires ne manquent pas, les superficies équipées en serres avoisinent 25 000 ha (en 2006), dont 6 000 ha en Algérie, 8 650 ha en Tunisie et 9 600 ha au Maroc. Le rendement moyen de 1 000 q/ha, assure en Algérie une production annuelle de 200 000 tonnes.

Les cultures sous serre se distinguent de celles de plein champ par des besoins relativement importants en investissement, en main d'œuvre, en irrigation, en fertilisation, en traitements phytosanitaires et particulièrement en technicité. Les semences hybrides de la tomate, seulement valables une saison, sont monopolisées par des firmes de production très puissantes. Le coût de 1 gramme de semence (300 graines environ) varie entre 200 et 250 Dinars Algériens (DA), selon la variété. Un hectare nécessite 120 g, il revient à 30 000 DA, soit plus de 6 fois le coût du baril de pétrole à 70 dollars américains.

L'importance de ces intrants doit être compensée par une valeur ajoutée des produits agricoles tant au plan de la qualité que celui de la quantité. C'est ce qui permet à ces produits primeurs ou en arrière-saison de se commercialiser aisément sur les marchés de l'intérieur et de l'extérieur.

Compte tenu des charges excessivement élevées, la rentabilité de la serriculture repose nécessairement sur l'optimisation des facteurs de production. Globalement, il s'agit de minimiser les intrants et maximiser les extrants. C'est selon cette logique que s'inscrit la présente étude. Elle consiste à proposer un dimensionnement précis du réseau de micro-irrigation qui optimise l'utilisation de l'eau et par conséquent celle de la fertilisation. La prépondérance de ces deux facteurs obligatoires n'est pas à démontrer. L'étude concerne un réseau unitaire (RU) d'une serre de tomate, extrapolée à une douzaine de serres identiques et enfin à un hectare.

## 2 MATERIEL ET METHODES

Ce travail purement théorique consiste à projeter le dimensionnement d'un réseau de micro-irrigation qui équipe une serre standard. Elle est soumise aux conditions climatiques de la région d'Alger, de longitude 2°53 E, de latitude 36°45N et 122 m d'altitude. Les phases de développement de la culture de tomate sont inspirées de la pratique des agriculteurs dans la région.

### 2.1 La serre

Il s'agit d'une serre de dimensions (50x8x3,5m), de superficie 400 m<sup>2</sup> et d'un volume d'environ 900 m<sup>3</sup>. La serre a une structure métallique recouverte de film plastique en polyéthylène, d'épaisseur 180 micron-mètres et d'un poids spécifique de 165 g/m<sup>2</sup>. Son coefficient de transmission du rayonnement solaire (visible et infrarouge) est estimé à 89% alors que celui de l'infrarouge ré-émis par le sol est de 65%, d'où l'effet de serre. La température de service du matériau plastique est comprise entre - 40°C et +70°C et peut servir pendant 3 ans. Sa largeur de 12 m nécessite pour couvrir la serre, une surface de film de 500 m<sup>2</sup> d'un poids de 83 kg. En considérant le prix actuel de 210 DA/kg, la couverture d'une serre revient à 25 000 DA. La charpente métallique en acier galvanisé, constituée en arceaux, permet une durée de vie allant de 15 à 20 ans. Son prix de revient unitaire est estimé à 80 000 DA.

### 2.2 Matériel végétal

La culture retenue concerne une espèce hybride de tomate 'Agora' dont la production est printanière. Le semis est réalisé durant la première semaine de novembre et le repiquage en serre a lieu le 06 janvier 2006. La floraison, la nouaison et la fructification se situent respectivement le 20 février, le 13 mars et le 20 mars. La récolte débute à la fin mai, finalisant une période végétative de 140 jours. C'est une variété à croissance indéterminée que l'on taille à une seule tige, en supprimant les bourgeons latéraux afin d'améliorer le rendement fruitier. Cette variété, en raison de son cycle court, est considérée comme une plante vivace à l'opposé des plantes annuelles ayant une croissance déterminée. L'espacement entre les plants sur la ligne est de 40 cm et entre les lignes (de 50 m de longueur) est de 1 m, ce qui donne une densité de plantation est 2,5 plants/m<sup>2</sup>. La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est une plante autogame et possède une racine pivotante d'environ 40 cm, dotée d'un dense chevelu latéral. Elle fait partie de la famille des solanacées où la diversité variétale est très élevée avec plus de 1000 variétés (Urban, 1997-1). A l'intérieur de la serre, outre l'irrigation et la fertilisation, l'environnement dans lequel croissent les tomates a un effet considérable sur la productivité et la rentabilité de la culture. Les facteurs environnementaux sont surtout la température, l'éclairage, l'humidité de l'air, la concentration en gaz carbonique et l'aération. La température et la lumière semblent être les composantes les plus importantes qui influencent la croissance végétative.

### 2.3 Le matériel d'irrigation

Il s'agit de proposer un réseau complet de micro-irrigation pour couvrir les besoins en eau et en fertilisants d'une culture de tomate sous serre. Le dimensionnement est projeté à une douzaine de serres (figure 1). Les équipements sont évalués pour une serre, puis aux 12 serres (RG) et enfin extrapolés à un hectare.

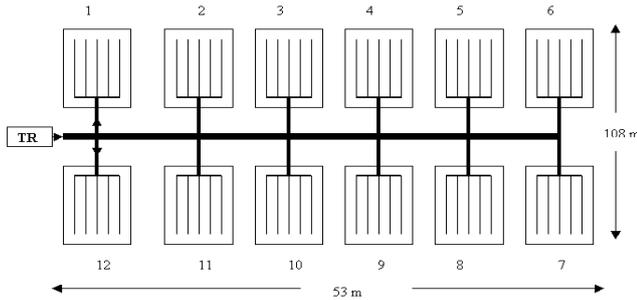


Figure 1 : Structure du réseau global (RG) des 12 serres.

En dimensionnement, le premier élément à choisir est fondamentalement le goutteur. C'est cet élément terminal du réseau qui traduit la rigueur du choix des dimensions et du calcul. Le goutteur proposé appartient à la famille des goutteurs en ligne, non autorégulant et ayant un long écoulement. Son équation caractéristique est  $q \text{ (l/h)} = 0,34 H_r^{0,77}$  ou  $q \text{ (m}^3/\text{s)} = 9,44 \cdot 10^{-8} H_r^{0,77}$  avec  $q$  est le débit du goutteur et  $H_r$  est la pression de service, exprimée en m de colonne d'eau. Le goutteur a un débit nominal  $q_n=2 \text{ l/h}$  ( $0,556 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ ) évalué à une pression nominale  $H_n=10 \text{ m}$  (fig. 2). L'équation caractéristique théorique s'écrit:  $q=\alpha H_r^y$ , avec  $\alpha=0,34$ , ce coefficient est relatif aux dimensions de l'orifice du goutteur et  $y=0,77$  est un coefficient indicateur du régime d'écoulement de l'eau dans le goutteur. Le coefficient de variation de fabrication  $C_{vf} = 5\%$ , c'est un facteur qui évalue la qualité de fabrication du goutteur, il est intégré dans le calcul. Le choix d'un goutteur par plant, avec un écartement  $\Delta x_g=0,4 \text{ m}$  sur la rampe ( $r$ ) de longueur  $L_r=50 \text{ m}$ , aboutit à un total de goutteurs par rampe, égal à  $NG_r=125$ . Les rampes sont espacées de  $\Delta x_r=1 \text{ m}$ , d'où un total de rampes par serre égal à  $NR_s=8$ . Ainsi le nombre total des goutteurs utilisés par le (RU) de la serre (S) est  $NG_s=1\ 000$ . Les goutteurs sont fixés sur le peigne de rampes, alimentées par la conduite secondaire (s). Cette dernière est raccordée en son milieu à une conduite dite primaire (p) qui fait le lien avec la conduite principale (P), la structure du RU est illustrée par la figure 2. Les conduites (r), (s) et (p) sont en polyéthylène (PE) souple alors que la conduite (P) est en polyvinyle de chlorure (PVC) rigide et de couleur noire. Le coefficient de rugosité (C) est pris égal à 150 et la température de l'eau à  $20^\circ\text{C}$ . Dans cette étude, il s'agit de définir la configuration du réseau et de déterminer ses dimensions optimales (longueur et diamètre). Le dimensionnement doit aboutir à la caractérisation de l'autre élément important, la tête du réseau (TR), qui se compose essentiellement du groupe motopompe (GMP), du dispositif de filtration et de fertilisation, situés à l'extrémité amont du (RG). Les caractéristiques du goutteur sont représentées dans la figure 2. Il fonctionne dans les limites d'une plage de débit comprise entre 2 et 2,37 l/h, correspondant à un intervalle de pression entre 10 m et 12,6 m.

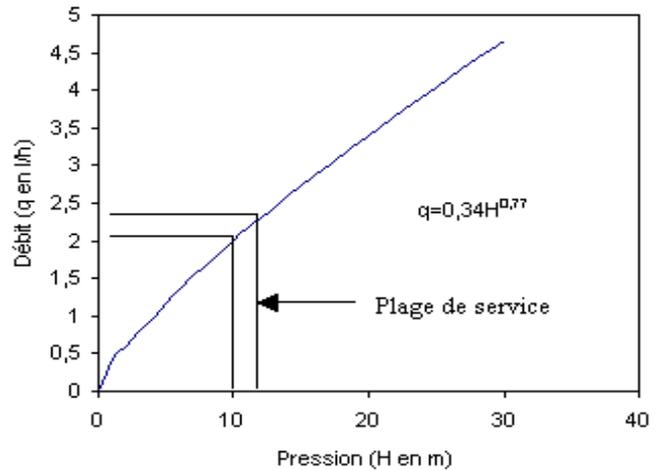


Figure 2 : Courbe de fonctionnement du goutteur utilisé de  $q_n=2\text{l/h}$ .

Cette courbe et son équation constituent le point de départ du dimensionnement du RU et du RG, lesquels déterminent non seulement le coût des équipements d'irrigation, de fertilisation, mais aussi la rentabilité de fonctionnement et de production de l'exploitation. Le choix du goutteur n'est pas fortuit, il est fait par le concepteur du réseau en tenant compte de plusieurs paramètres. Si le goutteur n'est pas conforme aux critères techniques, le dimensionnement n'a aucun sens.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION.

Les résultats sont présentés dans l'ordre suivant : les caractéristiques des rampes, la plus défavorisée ensuite la plus favorisée du RG, suivies du dimensionnement du RU et du RG. L'estimation des besoins en eau de la culture, sur une série de données de 35 ans, permet de déterminer le fonctionnement du réseau pour l'irrigation de la culture. Enfin, un devis estimatif est présenté pour une serre, généralisé à un hectare cultivé de tomate et doté d'un système de micro-irrigation.

#### 3.1 Dimensionnement

Un calcul préliminaire, basé sur les données définies précédemment, oriente le choix des dimensions (longueur  $L$  et diamètre  $D$  avec leurs index définis plus haut) des conduites utilisées. Le RU est identique à l'ensemble des RU du lot des serres et le dimensionnement concerne les deux RU situés, l'un à l'aval et l'autre à l'amont du RG. Ils possèdent respectivement la rampe la plus défavorisée du RG, (RPDRG) ainsi que la rampe la plus favorisée (RPVRG). La structure du RU est illustrée par la figure 3.

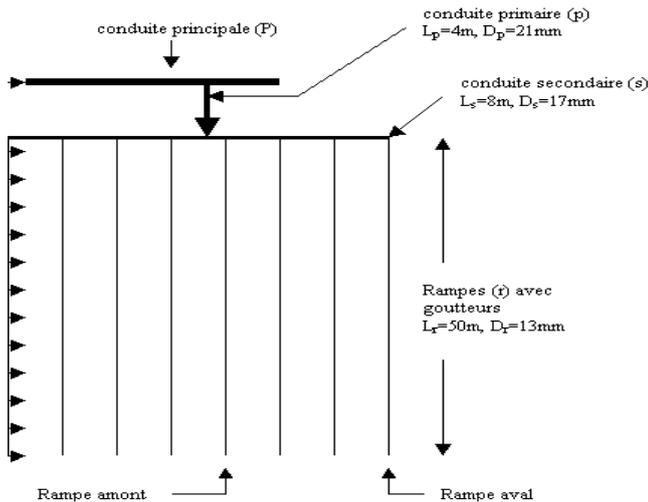


Figure 3 : Schéma d'un réseau unitaire (RU).

La structure est symétrique et repose sur un sol de pente nulle. Elle est composée d'une conduite primaire (p), une conduite secondaire (s) et huit rampes (r) identiques. On distingue dans la figure 3, la rampe amont et la rampe aval. Il faut préciser que le RU le plus défavorisé (RUPD) est celui de la serre n° 6 ou 7 (S6, S7), situées toutes les deux à l'extrémité aval de la conduite P desservant les douze serres (fig.1). D'un point de vue hydraulique, ces unités fonctionnent techniquement de la même manière, elles sont les plus défavorisées du RG.

### 3.1.1 La rampe aval, la plus défavorisée du RG: (RPDRG)

La position de la RPDRG est la plus éloignée depuis TR, elle fait d'elle, comme de son 125<sup>ème</sup> goutteur, la plus défavorisée dans l'ensemble du système. Ses caractéristiques sont à définir. Elles sont obtenues grâce à l'utilisation d'un modèle de calcul ayant fait l'objet de plusieurs publications (Zella *et al.*, 2004 ; 2006). Il permet de définir la distribution des débits et de la pression du RU, pour un diamètre et une longueur choisis, ainsi que l'uniformité d'arrosage correspondante. Les résultats sont représentés par la figure 4 et 5.

Cette courbe est celle d'une fonction puissance d'équation ( $q=2,1398x^{-0,0136}$ ) où  $x$  représente la position du goutteur sur la rampe et  $q$  le débit du goutteur correspondant. La décroissance de la courbe exprime celle des débits  $q$ , depuis l'amont de la rampe vers l'extrémité aval. Le goutteur le plus défavorisé, situé à l'extrémité aval de cette rampe (le 125<sup>ème</sup>) débite 2 l/h, selon son équation de fonctionnement  $q=0,34H_r^{0,77}$ , il est soumis à une pression ( $H_r$ ) égale à 10m.

Ces deux valeurs (2 l/h et 10 m), auxquelles il faut ajouter la vitesse nulle à l'extrémité aval de la rampe, sont les plus faibles de l'unité S6 et du RG (fig. 4). Elles sont affectées de l'indice 'min'. A l'autre extrémité amont de cette rampe, la vitesse d'entrée de l'eau est  $V_{rmax}=0,52$  m/s et la pression  $H_{rmax}=10,9$  m provoque un débit  $q_{max}$ , celui du goutteur n°1

sur la rampe, égal à 2,14 l/h. Le débit moyen sur la rampe est  $q_{moy}=2,07$  l/h et la variation du débit  $q_{var}$  vaut 6,5%. Le coefficient d'uniformité des débits ( $Cu_q$ ), constituant le critère fondamental du dimensionnement du réseau de micro-irrigation, est évalué à 94%.

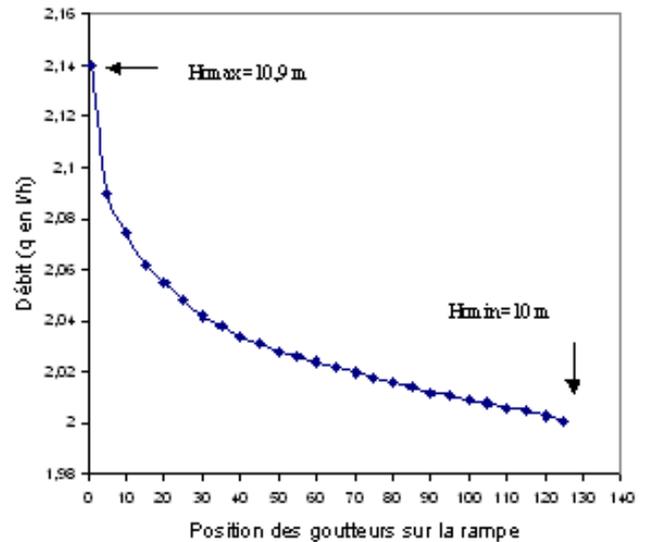


Figure 4 : Distribution des débits ( $q$ ) des goutteurs situés sur la RPDRG.

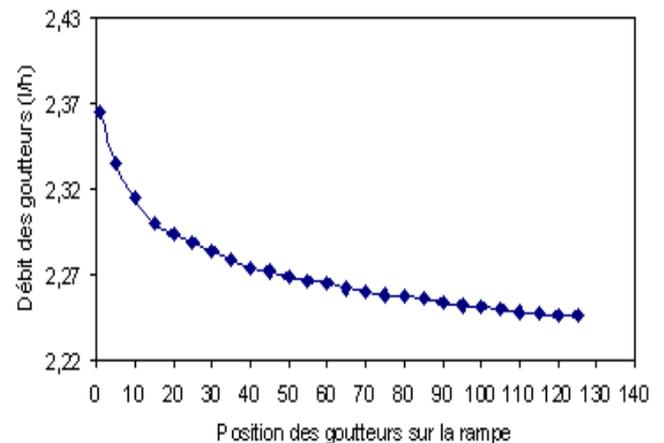


Figure 5 : Distribution des débits  $q$  des goutteurs sur la rampe amont de S1, (RPVRG).

### 3.1.2 La rampe amont, la plus favorisée du RU de S1 et du RG (RPVRG)

Cette rampe est située à l'amont du RU de S1, positionnée à l'amont de la conduite principale. C'est la rampe la plus favorisée, la plus proche de la source d'eau et de la pression. Son goutteur n°1 est aussi le plus favorisé, ayant le débit le plus élevé des 12 000 goutteurs du RG, évalué à  $q_{max}=2,37$  l/h sous une pression  $H_{rmax}=12,6$  m. Le dernier goutteur de cette rampe a un débit  $q_{min}=2,25$  l/h sous une pression  $H_{rmin}=11,64$  m. Le débit moyen de la rampe est  $q_{moy}=2,31$  l/h. La distribution des débits des goutteurs sur la rampe est donnée par la courbe (fig.5), d'équation  $q=2,3765x^{-0,0113}$ .

Ces caractéristiques techniques font que la variation du débit et le coefficient d'uniformité soient respectivement  $q_{var}= 5,06\%$  et  $Cu_q= 96\%$ .

L'uniformité moyenne de la distribution d'eau dans le RG, entre la RPVRG et la RPVRG, est égale à 95% et réconforte à ce titre le choix opéré des dimensions des conduites. Celle-ci doit avoir selon Solomon (1995), une valeur  $\leq 95\%$  pour que le dimensionnement soit jugé acceptable. Généralement l'uniformité diminue après un temps de fonctionnement, une diminution occasionnée par des éventuels bouchages des goutteurs. Elle peut aussi augmenter si le matériau est de piètre qualité et se dilate fortement sous l'effet de la température affectant les diamètres des orifices des goutteurs. La forme géométrique du réseau, autrement dit sa structure influence les paramètres hydrauliques, il va de soi de faire un choix justifié en tenant compte des contraintes imposées (disposition des parcelles par rapport à la source d'eau, trajet économique et limites techniques).

### 3.1.3 Structure du RG et ses caractéristiques

La structure centrale du RG est illustrée par la figure 6, où sont indiquées les pressions à l'entrée de chaque conduite primaire. Ce cheminement conduit à la tête du réseau TR pour laquelle, la pression globale requise est de **13,72 m** y compris les pertes de charge singulières, estimées à 10% des pertes linéaires. Par mesure de précaution et pour résorber les pertes de charge de TR, la pression du GMP est estimée par excès à **20 m**. La capacité en débit exigée est évaluée à  $26,16 \text{ m}^3/\text{h}$  que l'on majore à **27 m<sup>3</sup>/h** pour tenir compte des éventuelles déperditions. Les vitesses maximales dans les conduites ne dépassent pas la valeur de 1,7 m/s, elles répondent à ce sujet aux normes admises. Les vitesses minimales au niveau des extrémités aval des rampes sont nulles, le débit est totalement épuisé par le dernier goutteur.

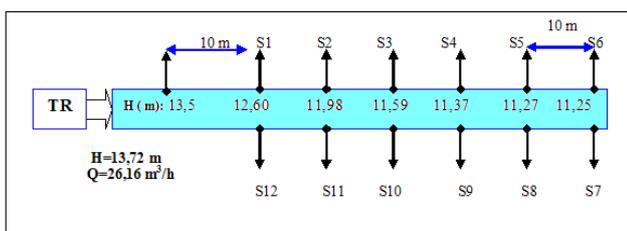


Figure 6 : Distribution de la pression dans la conduite principale ( $L_p= 60 \text{ m}$ ,  $D_p=70 \text{ mm}$ ).

La tête de réseau TR comporte dans l'ordre, depuis la source d'eau, une crépine au bout de la conduite d'aspiration, un groupe motopompe (GMP), un injecteur d'engrais et un filtre. Il est recommandé, entre chacun de ces appareils d'installer un manomètre pour détecter les éventuelles chutes de pression. Ces dernières sont souvent des indicateurs de problèmes de colmatage du filtre ou de fuites d'eau causées par une quelconque rupture.

Le filtre à cartouche est préconisé et doit répondre à cette

capacité globale de débit. Afin de protéger l'orifice du goutteur (0,10 mm de diamètre) d'un éventuel bouchage, les mailles ont des dimensions de 150 mesh ou 100 micron-mètre. Le coût de la filtration dépend aussi de la nature de l'eau et du degré désiré de filtration.

### 3.2 Besoins en eau de la culture

La consommation en eau d'une culture sous serre dépend essentiellement de l'importance du rayonnement solaire parvenant au feuillage de la culture. Cette énergie est fournie par l'ensoleillement naturel, atténuée par les caractéristiques optiques du matériau de couverture de la serre. C'est à partir de ces dernières bases que De Villele (2006), cité aussi par Urban (1997-1) a évalué l'évapotranspiration potentielle sous serre ( $ETP_s$ ) ayant aboutit à la relation :

$ETP_s= K.C_t.R_g/L_{v(0)}$ , avec  $ETP_s$ ; évapotranspiration potentielle journalière sous serre en cm, K; coefficient égal à 67%,  $C_t$ ; coefficient de transmission de la paroi du film plastique (=89%),  $R_g$ ; rayonnement global journalier en  $\text{cal}/\text{cm}^2$ , mesuré à l'extérieur de la serre et  $L_{v(0)}$ ; chaleur latente de vaporisation de l'eau égale à  $585 \text{ cal}/\text{g}$  à  $20^\circ\text{C}$ .

Cette relation simple d'emploi, est choisie afin d'évaluer les besoins en eau de la culture de tomate où l'irrigation est la seule ressource en eau disponible. Les valeurs de  $R_g$  sont évaluées sur la base d'une moyenne journalière de l'ensoleillement, des 35 dernières années (1970-2005) pour la région d'Alger. En considérant la période végétative de 140 j et de ses différentes phases, auxquelles on affecte les valeurs du coefficient cultural  $k_c$ , proposées par Doorenbos et Pruitt (1975), selon la subdivision : (phase initiale 30 j avec  $k_c=0,6$ ; phase de développement 40 j avec  $k_c=0,8$ ; phase intermédiaire de mi-saison 40 j avec  $k_c=1,15$  et la phase finale 30 j avec  $k_c =0,7$ ). Ces estimations vont permettre de calculer l'évapotranspiration maximale ETM. La tomate est une culture en ligne qui occupe partiellement la surface de la serre. En micro-irrigation, l'eau est apportée individuellement aux plants et la surface arrosée est très limitée en comparaison avec l'irrigation de surface ou l'aspersion. Pour ces dernières, toute la surface non couverte par le feuillage est humidifiée par l'arrosage et les pertes d'eau sont inévitables. Dans ce cas, on utilise les valeurs de l'ETM qui intègrent ces pertes, alors que dans le cas de la micro-irrigation, Vermeiren et Jobling (1983) recommandent de tenir compte d'un coefficient de réduction  $k_r=0,8$ . Ce coefficient de couverture est multiplié aux valeurs de l'ETM pour obtenir l'ETM\*, spécifique à la micro-irrigation. Le graphique de la figure 7 illustre l'évolution journalière de l'ETM\* ajustée.

Il y a lieu de faire une nette distinction entre les besoins d'irrigation de pointe qui sont utilisés pour le dimensionnement des installations (concepteur) et les besoins réels à satisfaire par le fonctionnement du réseau (irriguant). On peut admettre que le dimensionnement est optimal, étant donné qu'il permettra de satisfaire les besoins de pointe ( $ETM^* = 393 \text{ mm}$ ) de trois années sur quatre. Le débit spécifique d'irrigation est évalué à  $0,36 \text{ l/s/ha}$ .

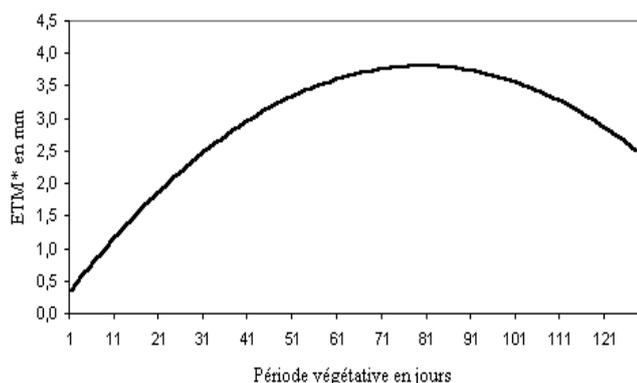


Figure 7 : Besoins journaliers théoriques de pointe (ETM\* en mm) de la tomate, durant la période végétative, en 140 jours.

### 3.3 Fonctionnement du réseau

Le fonctionnement du réseau vise à satisfaire les besoins en eau de la culture de tomate, exprimés par la figure 7. Un litre d'eau réparti sur une surface de 1 m<sup>2</sup> correspond à 1 mm, pour fournir cette hauteur, le goutteur fonctionne

durant 12 minutes (min). Le détail du pilotage est résumé dans le tableau 1.

Ce tableau expose le détail du fonctionnement projeté de l'irrigation durant les 136 j d'irrigation. Les apports d'eau totalisent 393,5 mm, répartis en 7 périodes de durée et de dose déterminées. La valeur des besoins en eau de chaque période est tirée du graphique (fig. 7) dont la hauteur moyenne est 2,9 mm, durant le cycle de la tomate. L'opération d'irrigation s'effectue au total en 78 h 42 min et chaque plant reçoit 157,5 litres. Le volume d'eau nécessaire pour le fonctionnement du RG (6 serres) est de 1 890 m<sup>3</sup>, soit 3 780 m<sup>3</sup>/ha. Cette valeur est majorée de 5% (190 m<sup>3</sup>) afin de tenir compte des éventuelles pertes d'eau. Les volumes d'eau d'irrigation s'élèvent à 3 970 m<sup>3</sup> sont désormais considérées par excès à 4 000 m<sup>3</sup>. Avant d'entamer les irrigations, le sol est amené à sa capacité de rétention avec une dose de 20 à 50 l/m<sup>2</sup>. Le dimensionnement correct du réseau ainsi que son fonctionnement adapté au pilotage de l'irrigation est un préalable pour la réussite de l'opération de fertilisation. En micro-irrigation, la fertilisation associée à l'irrigation est regroupée sous le concept de fertigation.

Tableau 1 : Caractéristiques pratiques de l'arrosage et fonctionnement du réseau RU.

Période	6-10	11-20	21-30	31-45	46-70	71-110	111-140	Total
Durée en jours (j)	6	10	10	15	25	40	30	136
Besoins moyens (mm/j)	1	1,25	1,75	2,25	2,75	3,75	3,5	moy. 2,9
Besoins par période (mm)	6	12,5	17,5	33,75	68,75	150	105	393,5
Durée d'irrigation (min/j)	12	15	21	27	33	45	42	195
Durée d'irrigation par période (min)	72	150	210	405	825	1 800	1 260	4 722 (78h42)
Volume d'eau/plant/j (litre)	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,5	1,4	6,5
Volume d'eau/plant/période (litre)	2,5	5	7	13,5	27,5	60	42	<b>157,5</b>
Volume d'eau d'irrig/serre (m <sup>3</sup> )	2 500	5 000	7 000	13 500	27 500	60 000	42 000	<b>157,5</b>

### 3.4 La fertigation

La fertilisation tout comme la filtration sont des opérations incontournables en micro-irrigation. Le dosage en fertilisants a une incidence directe sur la croissance, le développement de la culture et son rendement fruitier. La fertigation est loin d'être un simple ajout d'engrais dans les eaux d'irrigation. Il s'agit d'un programme de dosage précis, établi par des spécialistes. L'analyse chimique des eaux d'irrigation est un préalable à la fertigation, elle permet de déterminer si l'eau est effectivement conforme aux normes de qualité. Elle renseigne non seulement sur les risques potentiels que son utilisation peut engendrer sur le réseau, sur le sol et sur la plante mais aussi, sur les quantités minérales apportées par les eaux d'irrigation. Il est de même pour la connaissance des propriétés du sol, aussi bien physiques que chimiques. Les besoins en éléments nutritifs de la tomate, évoqués par Urban (1997-2) apportés par la fertigation, sont évalués par serre: à 15 kg d'azote, 2 kg de phosphore, 28 kg de potassium, 12 kg de magnésium et 2 kg de calcium. La fertilisation est assurée par un injecteur d'engrais ou pompe doseuse qui dilue la

solution concentrée (solution mère de fertilisants) selon le dosage désiré. Le titre des solution-mères doit correspondre à la capacité de l'injecteur avec un taux de dilution de 1/100. En raison de la complexité du dosage relatif à la fertigation, celle-ci ne sera pas traitée dans ce travail, on se contente uniquement à estimer son coût. Enfin, il faut souligner que l'efficacité de la fertigation est intimement dépendante de l'optimisation du réseau de micro-irrigation.

## 4 DEVIS ESTIMATIF POUR UNE SERRE ET UN HECTARE

Le devis estimatif (tableau 2) permet de quantifier les dépenses complètes idoines à la culture de tomate sous serre. Il comporte les quantités utilisées et leur coût respectif, depuis le semis jusqu'à la récolte, pour une serre (RU), pour le RG (6S) et pour un hectare (24S).

On constate que l'équipement d'une serre en micro-irrigation (peigne uniquement) coûte 560 160 DA, et celui d'un hectare 13,9 millions DA. Cette installation,

renouvelée par les agriculteurs tous les 8 à 10 ans, constitue 38% du coût global. La tête du réseau (TR) dont la durée de vie est d'environ 20 ans autant que la charpente, ne représente que 1,3%. Les charges annuelles d'exploitation,

dominées par les coûts de la fertilisation (71%) sont évaluées à 21 millions DA par ha, elles représentent la moitié du coût global, en exceptant le traitement phytosanitaire.

**Tableau 2 : Devis estimatif de l'équipement en micro-irrigation d'un hectare de tomate sous serre.**

Equipement, Opérations	Quantité par serre	Prix unitaire HT en DA	Prix global HT en DA (serre)	Prix global HT en DA (ha)
Goutteurs (2 l/h)	1 000	20	20 000	480 000
Rampe (r), D <sub>r</sub> =13 mm, en m	400	15	6000	36 000
Conduite (s), D <sub>s</sub> =17 mm, en m	8	20	160	3 840
Conduite (p), D <sub>p</sub> =21 mm, en m	4	25	100	2 400
Accessoires				
• Bouchons (r)	8	8		1536
• Départ de (r)	8	12	64	2 304
• Jonction 17/21	8	10	96	240
• Jonction 21/70	1	10	10	240
• Vanne 21	1	600	10	14 400
• Manomètre	1	800	600	19 200
<b>Coût du RU</b>			800	<b>560 160</b>
Volume d'eau utilisé (m <sup>3</sup> )	157,5	1,2	189	4 533
Fertilisation de base (kg)	40	5 000	200 000	4 800 000
Fertilisation (kg)	60	7 000	420 000	10 080 000
Main d'œuvre (4 ouvriers/serre)	5 mois	12 000	240 000	5 760 000
Energie électrique (kw/h)	73	100	7 300	175 200
Charges annuelles			<b>867 488</b>	<b>20 819 733</b>
Charpente métallique	1	80 000	80 000	1 920 000
<b>Total (RU, charpente, charges)</b>			<b>947 488</b>	<b>22 739 712</b>
Conduite (P), D <sub>p</sub> =70mm, en m				12 600
Manomètres	60	210		1 600
Compteur	2	800		2 800
Vanne 70	1	2 800		2 600
GMP (immergé)	1	2 600		270 000
Filtration	1	270 000		17 000
Pompe doseuse (30 m <sup>3</sup> /h)	1	17 000		140 000
Bacs à engrais (50 l)	1	140 000		10 500
• <b>TR</b>	3	3 500		<b>457 100</b>
<b>Total RG (12 serres)</b>				<b>7 179 020</b>
<b>Réseau (1ha)</b>				<b>13 900 940</b>
<b>Coût global (1ha de serre de tomate)</b>				<b>36 640 673</b>

## 5 CONCLUSION

On peut se rendre compte à travers ce travail que la micro-irrigation, particulièrement en serriculture, nécessite un calcul rigoureux et une pratique selon un cahier de charge bien défini. Son état actuel en Algérie explique les modestes résultats des rendements obtenus. Il apparaît clairement que la fertilisation constitue la charge la plus importante et la plus compliquée, elle est pratiquée avec beaucoup d'insuffisances par les agriculteurs. Pour certains, elle est carrément négligée. Sur la base d'un rendement moyen de 1 000 q/ha, le kilogramme de tomate nécessite 45,33 litres d'eau, soit 22 kg par m<sup>3</sup> d'eau. Un plant de tomate est irrigué par un volume de 157,5 litres d'eau, soit 157,5 m<sup>3</sup> par serre et 4 000 m<sup>3</sup> par hectare. La capacité du

GMT de 54 m<sup>3</sup>/h est assurée par une pression de 2 bars, l'opération d'irrigation utilise un temps de 79 h, l'équivalent de 3 à 4 jours durant les 5 mois de culture. Cette capacité intègre un taux de perte d'eau de 5%.

L'optimisation du dimensionnement du système de micro-irrigation est un moyen avéré d'améliorer la productivité de la tomate sous serre, les résultats peuvent constituer une référence à la prise de décision des planificateurs. Ce travail guide également les serriculteurs, pour irriguer d'autres cultures, en substituant l'ETM\* de la tomate, selon la procédure adoptée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] M.F. (2004). Rapport de présentation du projet de la loi de finance pour l'année 2005. Ministère des Finances, gouvernement Algérien.
- [2] ITCMI. (1995). Guide pratique: la culture de la tomate sous serre. Institut technique des cultures maraîchères et industrielles (ITCMI), Staouali, Alger.
- [3] Papadopoulos A. P. (1991). La culture des tomates en serre sur sol et sans sol. Station de recherche Harrow (Ontario), Agriculture Canada Publication 1865/F.
- [4] Gosselin A. (2004). Valorisation des rejets thermiques et du CO<sub>2</sub> de la centrale du Suroît d'hydro-Quebec. Projet centre local du développement (CLD-Beauharnois-Salabery).
- [5] Urban1 L. (1997). Introduction à la production sous serre. T1, la gestion du climat. Ed TecDoc. 251P.
- [6] Zella L., Kettab A., Chasseriaux G. (2006). Design of micro irrigation system based on the control volume method. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 6(4), p.163-171.
- [7] Zella L., Kettab A., Chasseriaux G. (2004). Modélisation des réseaux de micro-irrigation. *Revue des sciences de l'eau*, vol. 17, n°1 : 49-68.
- [8] Solomon K.H., Dedrick A.R. (1995). Standards developments for microirrigation. Center for Irrigation Technology (CIT).- <http://www.cit-Stand.htm>.
- [9] De Villele O. (2006). Besoins en eau des cultures sous serre : essai de conduite des arrosages en fonction de l'ensoleillement. Symposium on water supply under glass and plastics. ISHS, Acta Horticulture 35. (<http://www.actahort.org/>)
- [10] Doorenbos J., Pruitt W. O. (1975). Les besoins en eau des cultures. Bulletin d'irrigation- drainage n°24, FAO, Rome, pp5-87.
- [11] Vermeiren L., Jobling G.A. (1983). L'irrigation localisée. Bulletin d'irrigation-drainage, n° 36, FAO, Rome, pp11-20.
- [12] Urban2 L. (1997). Introduction à la production sous serre. T2, L'irrigation fertilisante. Ed. TecDoc, 210P.