



**Edition 2016**

# **Algérie : la culture de la tomate.**



*El Oued, chargement d'un camion de tomates industrielles.*

**Recueil réalisé par Djamel BELAID**  
Ingénieur Agronome

**Le Monde Diplomatique : Mai 2016, pages 16 et 17**  
**Les eaux fossiles sacrifiées au productivisme agricole**  
**Le Sahara algérien, eldorado de la tomate**

Le sud-est des hauts plateaux algériens connaît un développement spectaculaire de la culture de tomates sous serres. Obéissant à une logique de profit à court terme, cette production permet d'alimenter les marchés d'un pays longtemps éprouvé par les pénuries. Mais elle met en danger les palmeraies et les ressources aquifères fossiles, et pose de graves problèmes de santé publique en raison de l'usage intensif de pesticides.  
par Pierre Daum

Les touristes qui découvrent les hauts plateaux algériens pour gagner le Grand Sud en gardent un souvenir ébloui. La route nationale 83, qui relie Tébessa à Biskra, y traverse des paysages rocaillieux d'une rare beauté. Entre les contreforts du massif des Aurès au nord et les monts des Nementcha au sud, tout n'est que roc, sable et poussière.

### **Des milliers de serres-tunnels**

Nous sommes à 450 kilomètres au sud-est d'Alger, aux portes de l'immensité saharienne. Le désert s'affirme déjà ; en été, la chaleur est insupportable et les couleurs se limitent au jaune et au gris, parfois teinté de rose. Aucun vert, bien sûr, puisque rien ne peut pousser sur un sol aussi pauvre en matières organiques et sous un ciel aussi avare en pluie. Et pourtant. Au hasard d'un chemin transversal, ou parfois à quelques mètres de la route nationale, un spectacle étonnant s'offre au visiteur : à perte de vue apparaissent ici et là, posées sur le sable, des milliers de serres-tunnels, ces longs couloirs de plastique en forme de demi-tonneau. A l'intérieur, dans une atmosphère humide et tiède, des rangées de tomates parfaitement rondes, toutes de la même espèce : la tofane, une variété standard, grosse et vigoureuse.

### **Des tomates d'hiver venues du désert**

Depuis quelques années, de décembre à mars, la quasi-totalité des tomates consommées en Algérie proviennent de la région des monts Ziban, autour de Biskra. En particulier de deux zones : celle d'El-Ghrouss à l'ouest et celle de M'Zirâa à l'est. En 2014, la production des monts Ziban a atteint quelque 300 000 tonnes, soit près d'un tiers de la production annuelle de l'Algérie (1). Ces tomates d'hiver, d'un goût fade et qui s'abîment très vite, ne peuvent être cultivées dans les zones traditionnelles du Nord (Tipaza, Mostaganem, Skikda, Annaba), où il fait trop froid à cette saison. Elles n'en sont que plus rentables, faute de concurrentes, et leur prix peut atteindre les 100 dinars (0,85 euro) le kilo sur les étals d'Alger ou d'Oran ; une somme très élevée pour le consommateur, qui pourtant en réclame toujours plus. L'été, lorsque arrive la tomate de saison cultivée en plein champ dans les plaines du Nord, le prix baisse de moitié, voire des deux tiers, retrouvant un cours considéré comme normal.

### **Acaricides, fongicides, désherbants...**

Des tomates dans le désert, comment est-ce possible ? La réponse tient à deux éléments : les engrais et les forages. La pauvreté du sol est compensée par un recours massif aux engrais chimiques — essentiellement de l'azote, du phosphate et du potassium. Même si on ne parle pas de culture hors-sol, comme en Europe (2), cela y ressemble : les racines s'enfoncent à peine dans le sol sableux, d'où elles ne tirent que peu de nutriments. Quant à l'eau, il serait erroné de croire qu'elle n'existe pas : il suffit de creuser.

### **L'Etat ne réclame aucun impôt**

S'il est sec en surface, le Sahara abrite en sous-sol d'immenses réserves d'eau. Selon les estimations, le système aquifère du Sahara septentrional (SASS), qui s'étend du Maroc à la Libye en passant par l'Algérie et la Tunisie, renfermerait quelque 60 000 milliards de mètres cubes d'eau. Des eaux pour la plupart piégées il y a plusieurs milliers d'années et organisées en strates hermétiquement séparées. Les plus profondes peuvent se trouver à deux mille mètres sous terre, mais les plus superficielles sont à portée de main, à une profondeur d'entre dix et trois cents mètres. Pour 20 000 euros, n'importe qui peut réaliser son propre forage et rendre soudain fertile son morceau de désert (3). « Actuellement, le Sud est une mine d'or !, affirme M. Mohamed Sami Agli, la quarantaine, fils d'une des grandes familles de la région et représentant local du Forum des chefs d'entreprise (FCE), la principale organisation patronale algérienne. On peut y gagner vraiment beaucoup d'argent. L'Etat propose des aides, et en plus il ne réclame aucun impôt. Pour les investisseurs, c'est le rêve ! Il en vient d'ailleurs de tout le pays. »

**L'Etat propose des aides, et en plus il ne réclame aucun impôt.**

### **Des subventions étatiques**

L'explosion de la plasticulture (agriculture sous serres de plastique) de Biskra doit autant aux initiatives privées qu'à l'intervention de l'Etat. « Même si on a l'impression que l'Etat est absent, en réalité il est l'acteur le plus important du développement de l'agriculture saharienne, rappelle Tarik Hartani, directeur de recherche à l'université de Tipaza, à la tête

d'une équipe de chercheurs spécialisés dans l'agriculture algérienne. C'est lui qui crée les conditions nécessaires en construisant des routes, en électrifiant d'immenses territoires, en réalisant de gros forages, en creusant des canaux d'irrigation » L'Etat intervient aussi en subventionnant l'installation de nouveaux agriculteurs et en attribuant quelques terres encore disponibles. Cette distribution d'argent et de parcelles est en principe réglementée, avec dépôt de dossier, commission d'attribution, etc. En pratique, chacun sait qu'une bonne maârifa (« connaissance » ou « piston ») vaut toujours mieux qu'un dossier, si solide soit-il.

**Une bonne maârifa vaut toujours mieux qu'un dossier, si solide soit-il.**

### **Le miracle des serres « canariennes »**

Depuis vingt ans, et plus encore depuis cinq ans, la région de Biskra, traditionnellement connue pour ses dattes, est ainsi devenue le théâtre d'une sorte de ruée vers l'or. S'y retrouvent pêle-mêle paysans locaux, gros investisseurs nationaux et ouvriers agricoles venus du nord — auxquels s'ajoutent quelques clandestins marocains et maliens. Depuis 2009 sont apparues des serres « canariennes », sur le modèle au format gigantesque répandu dans les îles Canaries, couvrant d'une seule toile plastifiée jusqu'à 1,5 hectare, soit l'équivalent de 37 serres-tunnels. Leur prix, autour de 60 000 euros, les réserve aux gros investisseurs, mais elles offrent une rentabilité très élevée. « La saison dernière, avec un cours de la tomate à 50 dinars — prix de gros —, je me suis fait 600 millions [de centimes, soit l'équivalent de 50 000 euros] de bénéfice net, assure M. Nordine M., rencontré aux alentours de M'Zirâa, à 80 kilomètres à l'est de Biskra. En une saison, j'ai quasiment remboursé mon investissement. Maintenant, ce n'est que du bonus ! »

**« La saison dernière, avec un cours de la tomate à 50 dinars, je me suis fait 600 millions de bénéfice net. En une saison, j'ai quasiment remboursé mon investissement. Maintenant, ce n'est que du bonus ! »**

A la mi-mars, une fois achevé le cycle de la tomate d'hiver, on poursuit le travail en semant du melon ou de la pastèque. Ces fruits arrivent eux aussi sur les étals avant ceux produits dans les champs traditionnels du Nord. Au bout de quelques années, lorsque le propriétaire des serres a accumulé un petit pécule, il plante de jeunes palmiers et place ainsi ses économies dans la datte, une culture beaucoup plus sûre que celle de la tomate et du melon : moins d'entretien, un rendement stable, un prix de vente toujours élevé

(actuellement, autour de 5 euros le kilo) et, surtout, un débouché à l'export — la fameuse deglet noir (« datte de lumière »), dont la « capitale » se situe à Tolga, à quarante kilomètres à l'ouest de Biskra, juste à côté d'El-Ghrouss, est le seul produit alimentaire exporté d'Algérie. En une vingtaine d'années, le nombre de palmiers dattiers du pays a plus que doublé : il atteint aujourd'hui 18 millions, dont le quart dans les Ziban, où des fortunes sont en train de se constituer.

Le village de M'Zirâa est le symbole le plus visible de ce phénomène d'enrichissement spectaculaire. Ce minuscule hameau constitué il y a dix ans encore de quelques maisons basses prend aujourd'hui des allures de grosse bourgade cossue, où chaque propriétaire veut afficher sa nouvelle richesse en se faisant construire une énorme maison de trois ou quatre étages avec tellement de pièces qu'elle ressemble à un petit hôtel. En décembre 2015, alors qu'un immense marché de gros flambant neuf s'appêtait à ouvrir à l'extrémité de la rue principale, qui s'allonge chaque mois, toutes les nuits, dès 3 heures du matin, des camions immatriculés aux quatre coins du pays faisaient déjà la queue pour charger. Deux jours plus tard, on retrouve ces tomates sur tous les étals, pour le plus grand bonheur des consommateurs, dont beaucoup se souviennent des pénuries des années 1960 à 1990 et ne veulent en aucun cas les revivre.

### **Des tomates pas du tout « bio »**

Mais quelles tomates ? Des tomates que plusieurs de nos interlocuteurs biskris ne mangeraient « pour rien au monde ! ». Car les rendements obtenus dans la plasticulture saharienne ne pourraient être aussi élevés sans un recours massif aux pesticides, qui rendent ces tomates dangereuses pour le consommateur : acaricides, fongicides, désherbants, bactéricides, insecticides, etc. « L'utilisation intensive d'intrants [engrais chimiques et pesticides] existe aussi en Europe, souligne Arezki Mekliche, enseignant à l'Ecole nationale supérieure d'agronomie (ENSA) d'Alger. Elle obéit à des règles strictes, et est en principe très contrôlée. Mais, en Algérie, ce contrôle est plus lâche. On achète des produits génériques fabriqués en Chine ou en Turquie, beaucoup moins chers que les produits européens, mais aussi beaucoup moins surveillés. Surtout, les périodes minimales à respecter entre l'utilisation du produit et la récolte ne sont pas prises en compte, ce qui est très dangereux pour le consommateur. Ces tomates ne pourraient d'ailleurs pas être commercialisées en Europe, car elles ne correspondraient pas aux normes sanitaires. »

**On achète des produits génériques fabriqués en Chine ou en Turquie, beaucoup moins chers que les produits européens, mais aussi**

## beaucoup moins surveillés.

A cette question de l'emploi massif de produits dangereux s'ajoute celle de l'eau. Pendant plusieurs siècles, l'agriculture saharienne a fonctionné autour de puits et de quelques résurgences de nappes souterraines. Les humains ont su créer ou entretenir de merveilleuses oasis perdues dans l'immensité désertique, autant d'écosystèmes assurant un équilibre entre leurs besoins et les ressources naturelles (l'eau, mais aussi le sol et l'ombre des palmiers) par d'astucieuses techniques de cultures étagées, de recyclage de l'eau et d'engrais naturels. Et le fellah (paysan), conscient de la valeur de ce précieux liquide, prenait soin de l'économiser. A Biskra et dans quelques autres localités du Sud algérien (lire l'encadré), des dizaines de milliers de forages ont totalement bouleversé les pratiques oasiennes traditionnelles. Tout d'abord, ils ont tari peu à peu les points d'eau ancestraux. « Avant, on forait jusqu'à 50 mètres et on obtenait un débit largement suffisant, raconte M. Smaïn Benchouia, foreur depuis trente ans sur tout le périmètre des Ziban. Maintenant, il faut creuser à 250, voire à 300 mètres pour obtenir le même débit. »

## Logés dans un misérable gourbi

La quantité d'eau pompée en profondeur a été multipliée par dix en trente ans. Or il s'agit d'une eau fossile, c'est-à-dire peu renouvelable. « C'est comme si on avait rempli le réservoir il y a six mille ans et qu'on roulait avec, explique Christian Leduc, hydrogéologue à l'Institut de recherche pour le développement (IRD) à Montpellier. Aujourd'hui, on pompe environ 3 milliards de mètres cubes par an. Avec une réserve de 60 000 milliards, on ne va pas tomber en panne tout de suite. Mais il y a un danger pour l'avenir. » « Surtout, la qualité de l'eau des nappes superficielles s'est fortement dégradée, ajoute Nora Bouchahm, spécialiste des ressources en eau au Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA) de Biskra. Les taux en chlorure et en sulfate commencent à dépasser les normes de potabilité. » Ces dernières années, ces nappes ont reçu une partie des produits chimiques utilisés en abondance dans les serres. Or elles alimentent aussi l'eau du robinet. Pis : à certains endroits, on observe un mélange entre nappes phréatiques et eaux usées domestiques, avec la présence de nitrates et d'ammonium.

**« Aujourd'hui, on pompe environ 3 milliards de mètres cubes par an. Avec une réserve de 60 000 milliards, on ne va pas tomber en panne tout de suite. Mais il y a un danger pour l'avenir. »**

## Une « remontée » de la nappe

Mais ce n'est pas tout. Sur certains sites, lorsque la nappe superficielle est peu profonde (dix mètres) et qu'elle reçoit soudain, du fait d'un forage à 300 mètres, des milliers de mètres cubes d'eau qu'elle n'arrive plus à absorber, on assiste à une « remontée » de cette nappe, voire à des phénomènes d'eaux stagnantes en surface. C'est ainsi que des milliers de palmiers sont aujourd'hui en train de mourir par pourrissement de leurs racines. Autre phénomène extrêmement néfaste : cette eau souterraine est fortement chargée en sels minéraux — en particulier en gypse. Répandue sur les sols brûlants du désert, l'eau s'évapore très vite, mais les sels restent, formant à la surface de la terre des croûtes épaisses et denses qui rendent les terrains définitivement impropres à toute culture.

[Face à cette remontée de la nappe, on peut se demander si la plantation d'une végétation adaptée ne pourrait pas absorber l'eau et ainsi assécher ces endroits. Ndlr. ]

## Des serres déplacées tous les 3 ans

Entre pollution chimique et encroûtement des sols, les agriculteurs de Biskra savent bien qu'une parcelle ne vit jamais très longtemps. Tous les trois ans, en été, chaque serre est entièrement démontée et déplacée quelques dizaines de mètres plus loin. Mais qu'importe : le désert est si vaste...

Et puis il y a les hommes. Certains propriétaires engrangent d'importants profits. Des familles locales ou des investisseurs peuvent posséder plusieurs centaines de serres. A titre d'exemple : 400 serres, louées « 6 millions » (500 euros) chacune, rapportent 200 000 euros par an. S'y ajoutent en général des profits tirés d'activités périphériques : importation d'intrants, construction de serres, forages... et commerce de la deglet nour : 1 000 palmiers rapportent environ 90 000 euros par an.

Le système repose sur le travail de milliers d'ouvriers agricoles, souvent jeunes, aux statuts divers. Certains sont payés à la journée, à raison de 250 dinars l'heure (2,10 euros). Le salaire journalier peut s'élever à 17 euros la journée de huit heures, mais sans qu'un mois complet soit jamais assuré. D'autres s'offrent comme métayers à un propriétaire de serres, contre un quart ou un cinquième du bénéfice net en fin de saison, selon les zones. D'autres, enfin, louent quelques serres à la saison et tentent d'en tirer seuls un maximum de profit.

Au bout d'un long chemin de terre sinuant sans fin au milieu de serres-tunnels, M. Hocine F., 36 ans, partage un misérable gourbi avec son neveu Mustapha, 20 ans : quatre murs en parpaings recouverts d'une tôle ondulée, deux matelas défoncés, un sol en terre battue, une ampoule, un réchaud à gaz, deux casseroles noircies. L'hiver, les nuits y sont glaciales. L'été, la température

y monte à plus de 50 °C. Originaires d'Aïn Defla, une ville agricole entre Alger et Oran, les deux hommes sont arrivés dans la région il y a cinq ans. D'abord payés à la journée, puis métayers, ils viennent de se mettre à leur compte en louant dix serres à El-Ghrouss : « La location, c'est 7 millions [600 euros] par an et par serre. » Pour la fin de la saison, « si la tomate se maintient à 50 dinars », ils espèrent un bénéfice net de « 6 à 7 millions par serre ». Soit un total maximum de 6 000 euros en une année — 3 000 euros chacun. Mais attention : aucun extra n'est permis. Le logement doit être gratuit (le gourbi), la nourriture très pauvre (pommes de terre tous les jours, presque jamais de viande), et surtout, il faut ne jamais tomber malade. Car aucun de ces ouvriers n'a de couverture sociale, et le moindre accident de santé met en danger leur fragile économie. Se plaignent-ils ? « Pas du tout ! A Aïn Defla, la tomate, on la vend 10 dinars. Alors, vous comprenez... »

### **Des milliers de forages réalisés sans autorisation**

Leur propriétaire, M. Abderazak M., est un ancien diplômé de l'université de Biskra. Au chômage dans les années 1990, il avait bénéficié, comme tous ses collègues, d'une distribution d'argent et de terres de la part de l'Etat. « Avant, c'est moi qui étais sous les serres. Mais aujourd'hui, j'ai 45 ans, j'ai les bras cassés », explique-t-il avec un sourire triste, en buvant le thé avec ses locataires. Hocine et Mustapha font-ils plus attention à leur santé, notamment dans l'utilisation des pesticides ? « Vous savez, notre vie, elle est entre les mains de Dieu... »

A 120 kilomètres de là, à l'est de Biskra, M. Habib C., Marocain de 25 ans, peut sembler mieux loti. Apprécié, comme tous ses compatriotes, pour son savoir-faire dans la culture de la tomate, il travaille dans une superbe serre canarienne et touche 500 euros par mois, payés en euros. Sauf que lui n'a même pas le choix de son logement. Son arrangement avec le propriétaire lui interdit de se rendre au village : il doit rester sept jours sur sept dans son gourbi. Car aucun Marocain n'a de permis de travail. « Il y a six mois, la police en a embarqué deux qui se rendaient au village, raconte M. Nordine B., 27 ans, qui gère la serre de son père. J'ai écopé de 2 millions [170 euros] d'amende. »

**Habib C., Marocain de 25 ans.  
Apprécié, comme tous ses  
compatriotes, pour son savoir-faire  
dans la culture de la tomate.**

Lorsque nous le rencontrons, Habib est en train de pulvériser un antiacarien sans aucune protection des voies respiratoires : « Je sais que c'est mauvais pour ma santé. Mais c'est comme ça. » Seuls ses pieds sont enveloppés de vieux sacs plastique déchirés, censés

permettre à ses vieilles baskets trouées de durer encore une saison. Nous n'en saurons pas plus : il doit continuer la pulvérisation de son pesticide. Nous en profitons pour sortir rapidement de la serre, la gorge et les yeux déjà irrités.

### **Des dangers écologiques et sanitaires**

Face aux dangers écologiques et sanitaires que présente le développement de l'agriculture dans la région de Biskra, les autorités algériennes semblent peu réagir. « L'Etat sait très bien que des milliers de forages sont réalisés sans la moindre autorisation, ou avec des autorisations bidon, dénonce Leduc. Mais il laisse faire. » Qui se plaindrait, d'ailleurs, d'un système où tout le monde trouve son compte ? « C'est une façon parmi d'autres de redistribuer l'argent du pétrole, fait remarquer Omar Bessaoud, chercheur à l'Institut agronomique Méditerranée de Montpellier (IAMM). Les aides de l'Etat vont à 80 % aux gros investisseurs, et 20 % sont émiettés entre des milliers de petits fellahin [paysans]. Comme ça, tout le monde est content. »

**Les aides de l'Etat vont à 80 % aux  
gros investisseurs, et 20 % sont  
émiéttés entre des milliers de petits  
fellahin.**

Toutefois, à moyen terme, les investissements devenant de plus en plus lourds (forages plus profonds, serres canariennes, etc.), les petits risquent de peu à peu disparaître. Quant à la masse des ouvriers agricoles algériens, tous y voient une forme d'achat de la paix sociale. « L'Etat préfère que la jeunesse travaille et gagne son propre argent plutôt qu'elle manifeste dans la rue et réclame des aides. Et puis les gens sont contents de l'abondance de fruits et de légumes sur les marchés. Finalement, on privilégie des intérêts sociaux à court terme, au risque d'une dégradation écologique irréversible, mais lente et peu visible », dénonce Hartani.

### **Le « front pionnier » de Biskra**

Dans une Algérie qui peine à s'industrialiser, l'expérience du « front pionnier » de Biskra, comme le nomment les chercheurs internationaux, très intéressés par ce phénomène, apparaît comme un modèle de développement. « Par un effet d'entraînement, de nouvelles industries sont en train de s'implanter à Biskra, confirme M. Agli. Des entreprises d'agroalimentaire, mais aussi une cimenterie, une usine de construction de câbles, etc. Auxquelles vient s'ajouter le tourisme, avec 26 hôtels en cours de construction ! » A ce rythme, la tomate de Biskra a de beaux jours devant elle.

Pierre Daum

Journaliste.

(1) En 2014, l'Algérie a produit 1 million de tonnes de tomates fraîches ; la France, 600 000 tonnes ; le Maroc, 1,3 million de tonnes ; l'Espagne, 3,6 millions de tonnes (source : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, FAO).

(2) Lire « Et pour quelques tomates de plus », Le Monde diplomatique, mars 2010.

(3) Dans la région de Biskra, le prix des forages varie de 85 à 170 euros le mètre, tuyaux et moteur compris. En fonction des zones, il faut creuser à une profondeur allant de 150 à 300 mètres. Certains forages peuvent donc coûter jusqu'à 50 000 euros.

Nb : Les photographies qui accompagnent ce reportage sont de Pascal Meunier. Elles ont été prises dans la région d'El-Oued en 2006. Cosmos Photo.

De nombreux sous titres sont de la Rédaction. Ndlr.

## MICRO-IRRIGATION DE LA TOMATE SOUS SERRE

Microirrigation of tomato under greenhouse

LAKHDAR ZELLA1\*, DALILA SMADHI2 1 Faculté Agro-vétérinaire, Université de Blida, Algérie. Fax : 21325431164, Email : lakhdarz@yahoo.fr 2 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'isohèle 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

L. Zella & al.

120

(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'éclairement, 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.

Micro-irrigation de la tomate sous serre  
121

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  $q (l/h) = 0,34 Hr^{0,77}$  ou  $q (m^3/s) = 9,44 10^{-8} Hr^{0,77}$  avec  $q$  est le débit du goutteur et  $Hr$  est la pression de service, exprimée en m de colonne d'eau. Le goutteur a un débit nominal  $q_n = 2 l/h$  ( $0,556 10^{-6} m^3/s$ ) évalué à une pression nominale  $H_n = 10 m$  (fig. 2). L'équation caractéristique théorique s'écrit:  $q = \alpha Hr^y$ , 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  $Cvf = 5\%$ , 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  $\Delta xg=0,4$  m sur la rampe (r) de longueur  $Lr=50$  m, aboutit à un total de goutteurs par rampe, égal à  $NGr=125$ . Les rampes sont espacées de  $\Delta xr=1$  m, d'où un total de rampes par serre égal à  $NRs= 8$ . Ainsi le nombre total des goutteurs utilisés par le (RU) de la serre (S) est  $NGs=1\ 000$ . 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°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  $qn=2$ 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.

L. Zella & al.

122

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 125ème goutteur, la plus défavorisée dans l'ensemble du système. Ses caractéristiques sont à définir. Elles sont obtenues grâce 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 125ème) débite 2 l/h, selon son équation de fonctionnement  $q= 0,34Hr^{0,77}$ , il est soumis à une pression (Hr) 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 ( $Cuq$ ), 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, (RPVVRG).

3.1.2 La rampe amont, la plus favorisée du RU de S1 et du RG (RPVVRG) 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  $q = 2,3765x - 0,0113$ .

#### Micro-irrigation de la tomate sous serre

Ces caractéristiques techniques font que la variation du débit et le coefficient d'uniformité soient respectivement  $q_{var} = 5,06\%$  et  $Cuq = 96\%$ . L'uniformité moyenne de la distribution d'eau dans le RG, entre la RPVVRG et la RPDRG, 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 m<sup>3</sup>/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 (LP= 60 m, DP=70 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 micronmètre. 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 (ETPs) ayant abouti à la relation :  $ETPs = K.Ct. Rg / Lv(\theta)$ , avec ETPs ; évapotranspiration potentielle journalière sous serre en cm, K ; coefficient égal à 67%, Ct ; coefficient de transmission de la paroi du film plastique (=89%), Rg ; rayonnement global journalier en cal/cm<sup>2</sup>, mesuré à l'extérieur de la serre et  $Lv(\theta)$  ; chaleur latente de vaporisation de l'eau égale à 585 cal/g à 20°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 Rg 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 mm) de trois années sur quatre. Le débit spécifique d'irrigation est évalué à 0,36 l/s/ha.

L. Zella & al.

124

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

	6-10	11-20	21-30	31-45	46-70	71-110	111-140	Total	Durée en jours (j)
Besoins moyens (mm/j)	1,25	1,75	2,25	2,75	3,75	3,5	2,9	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	157,5	
Volume d'eau d'irrig/serre (m <sup>3</sup> )	2 500	5 000	7 000	13 500	27 000	50 400	30 240	157,5	

### 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 microirrigation (peigne uniquement) coûte 560 160 DA, et celui d'un hectare 13,9 millions DA. Cette installation,

Micro-irrigation de la tomate sous serre

125

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), Dr=13 mm, en m 400 15

6000 36 000 Conduite (s), Ds=17 mm, en m 8 20 160 3

840 Conduite (p), Dp=21 mm, en m 4 25 100 2 400

Accessoires • Bouchons (r) • Départ

de (r) • Jonction 17/21 • Jonction 21/70 • Vanne 21 •

Manomètre Coût du RU

8 8 1 1 1 1 8 12 10 10 600 800

64 96 10 10 600 800 1536 2 304 240 240 14 400 19

200 560 160 Volume d'eau utilisé (m3) Fertilisation de

base (kg) Fertilisation (kg) Main d'œuvre (4

ouvriers/serre) Energie électrique (kw/h) Charges

annuelles 157,5 40 60 5 mois 73 1,2 5 000 7 000 12

000 100 189 200 000 420 000 240 000 7 300 867 488 4

533 4 800 000 10 080 000 5 760 000 175 200 20 819

733 Charpente métallique 1 80 000 80 000 1 920 000

Total (RU, charpente, charges) 947 488 22 739 712

Conduite (P), Dp=70mm, en m Manomètres Compteur

Vanne 70 GMP (immergé) Filtration Pompe doseuse

(30 m3/h) Bacs à engrais (50 l)

• TR

60 2 1 1 1 1 1 3

210 800 2 800 2 600 270 000 17 000 140 000 3 500

12 600 1 600 2 800 2 600 270 000 17 000 140 000 10

500

457 100

Total RG (12 serres) Réseau (1ha)

7 179 020 13 900 940 Coût global (1ha de serre de

tomate) 36 640 673

## 5 CONCLUSION

On peut se rendre compte à travers ce travail que la microirrigation, 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 m3 d'eau. Un plant de tomate est irrigué par un volume de 157,5 litres d'eau, soit 157,5 m3 par serre et 4 000 m3 par hectare. La capacité du GMT de 54 m3/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 microirrigation 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.

L. Zella & al.

126

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 CO2 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.163171.

[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.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

## TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

La culture de tomate de primeurs, produit leader à l'exportation, a connu de fortes mutations technologiques au cours des dix dernières années pour s'adapter aux exigences de qualité et de calendrier imposés par les marchés, et permettre de relever le défi de la compétitivité par rapport aux autres origines concurrentielles.

Ces mutations se sont manifestées sur le plan de la production, notamment par la reconversion d'une grande partie des cultures de plein champ, qui ont été

réduites de 70 % en l'espace de 10 ans, passant ainsi de 4.850 ha en 1988-89 à 1.500 ha en 1998-99. La culture de la tomate sous abris-serres, qui permet l'adoption de techniques culturales plus appropriées, a été multipliée par 2,2 fois pendant la même période pour atteindre 3.700 ha en 1998/99 contre 1.680 ha en 1988/89.

La production globale de tomate de primeur est passée de 307.000 t en 1988-89 à 560.000 t en 1998-99 enregistrant ainsi une augmentation de 85 %. La tomate sous serre intervient actuellement pour 85 % dans la production globale contre 47 % en 1988/89.

Les efforts d'adaptation et de modernisation en matière de techniques de production, de conditionnement et de commercialisation ont permis un doublement des exportations entre la période 1980-90 (100.000 t/an) et la période 1996-99 (200.000 t/an).

## Fiche technique: tomate sous serre

Fichier PDF: 416 k

### INTRODUCTION

La culture de tomate de primeurs, produit leader à l'exportation, a connu de fortes mutations technologiques au cours des dix dernières années pour s'adapter aux exigences de qualité et de calendrier imposés par les marchés, et permettre de relever le défi de la compétitivité par rapport aux autres origines concurrentielles.

Ces mutations se sont manifestées sur le plan de la production, notamment par la reconversion d'une grande partie des cultures de plein champ, qui ont été réduites de 70 % en l'espace de 10 ans, passant ainsi de 4.850 ha en 1988-89 à 1.500 ha en 1998-99. La culture de la tomate sous abris-serres, qui permet l'adoption de techniques culturales plus appropriées, a été multipliée par 2,2 fois pendant la même période pour atteindre 3.700 ha en 1998/99 contre 1.680 ha en 1988/89.

La production globale de tomate de primeur est passée de 307.000 t en 1988-89 à 560.000 t en 1998-99 enregistrant ainsi une augmentation de 85 %. La tomate sous serre intervient actuellement pour 85 % dans la production globale contre 47 % en 1988/89.

Les efforts d'adaptation et de modernisation en matière de techniques de production, de conditionnement et de commercialisation ont permis un doublement des exportations entre la période 1980-90 (100.000 t/an) et la période 1996-99 (200.000 t/an).

### EXIGENCES PÉDO-CLIMATIQUES

La tomate "*Lycopersicum esculentum* Mill" appartient à la famille des solanacées, d'origine tropicale (Amérique latine). Elle a des exigences particulières: sensible au froid, craint beaucoup le gel et les vents chauds (chergui) et très exigeante en température.

#### Température

La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques.

Les basses températures (<10°C) ralentissent la croissance et le développement des plantes, entraînant un raccourcissement des entre-nœuds et la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production. Une température basse peut entraîner aussi des ramifications des bouquets, difficultés de nouaison et formation des fleurs fasciées. Au dessous de 17°C, le pollen germe mal, surtout si l'humidité est faible.

Par contre, les températures élevées favorisent la croissance de la plante au détriment de l'inflorescence qui peut avorter. La persistance d'un temps chaud et sec (chergui) peut entraîner un allongement anormal du pistil, rendant ainsi une auto-pollinisation difficile.

Au dessus de 30°C, le lycopène, pigment responsable de la couleur rouge de fruit ne se forme plus. C'est le pigment b carotène qui se forme donnant ainsi une coloration jaune-orange au fruit. Les températures optimales sont:

Températures diurnes: 20-25°C

Températures nocturnes: 13-17°C

Température du sol: 14-18°C

Cependant, sous les conditions marocaines, ces valeurs sont difficiles à réaliser, malgré l'utilisation des abris-serres. La culture de tomate qui s'étale sur une période

de production d'environ 10 mois passe au minimum 3 mois sous des conditions défavorables (températures basses). Une mauvaise aération et le manque d'étanchéité peuvent accentuer la mauvaise maîtrise de la température à l'intérieur des abris-serres.

#### Humidité relative (HR)

Une humidité relative de 75 % est jugée optimale. Elle permet d'avoir des fruits de bons calibres, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration.

Une HR trop élevée, couplée à une température élevée, entraîne une végétation luxuriante avec un allongement des entre-nœuds. Elle favorise aussi le développement des maladies, notamment le botrytis et le mildiou. L'aération matinale permet de réduire l'humidité de l'air et élimine les petites gouttelettes de condensation qui se forment sur la paroi du plastique.

En cas de temps sec, l'irrigation peut augmenter l'HR. En période de production (Oct-Mai), l'HR diurne reste généralement proche de l'optimum sauf dans le cas de chergui à Agadir où l'HR baisse en dessous de seuil.

#### Lumière

La lumière est un facteur écologique fondamental. Elle intervient dans de nombreux phénomènes physiologiques, notamment la photosynthèse.

La tomate est une culture neutre à la photopériode. Cependant, elle est exigeante en énergie lumineuse et un manque peut inhiber l'induction florale. La réduction de la lumière baisse le pourcentage de germination du pollen.

En temps couvert, la déhiscence des anthères est mauvaise. En revanche, le déficit de lumière est compensé par les températures élevées sous les serres (effet serre).

La transmission de la lumière est fonction du type de plastique utilisé. Elle est de 70 % pour le plastique anti-UV (2 étoiles) et de 65 % pour le plastique infra-rouge (thermique). Cette transmission diminue lors de la 2ème année d'usage, en raison des saletés et des dépôts de poussières. Dans ce cas, un lavage du plastique en 2ème année est conseillé pour améliorer son efficacité.

#### Sol

##### Structure et texture

En général, la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Cependant, elle s'adapte bien dans les

sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable.

#### PH

La tomate est une culture indifférente au pH du sol. Le rendement varie peu avec la variation du pH. Cependant, sur des sols à pH basique (pH>7), qui sont d'ailleurs les plus rencontrés au Maroc, certains micro-éléments restent peu disponibles à la plante (Fe, Mn, Zn, Cu). La carence la plus fréquente est celle de fer, elle apparaît en général à un stade avancé de la culture. Dans ce cas, une correction ferrique par un apport d'engrais foliaire ou en fertigation est nécessaire.

#### Salinité

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 4 mmhos/cm, soit 2,5 g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10 %. Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l. L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement export, suite à la réduction du calibre du fruit. A cet effet, un contrôle de la CE durant tout le cycle de la culture est indispensable. Le contrôle se fait au niveau des goutteurs (solution fille) à l'aide d'un conductimètre et elle doit être maintenue entre 1 et 2 mmhos/cm en fonction du stade de la culture et de la saison.

### TECHNIQUES CULTURALES

#### Choix du terrain

Les conditions nécessaires que doit avoir une parcelle destinée à recevoir les abri-serres sont comme suit:

- La parcelle ne doit avoir porté de tomate ou d'autres solanacées sur une période d'au moins 3 ans
- Eviter les sols avec dalles calcaires et caillouteuses
- Eviter les sols infestés de nématodes et en vers blancs
- Installer les serres de préférence dans des terrains vierges ou à défaut bien reposés
- Eviter les terrains de forte pente et ceux exposés aux vents dominants
- Eviter les terrains où le risque de gel est possible

#### Préparation du terrain

Avant l'installation des serres, il faut procéder aux opérations suivantes:

- Epierrage s'il est nécessaire
- Labour profond sur au moins 30 cm
- 2 passages de cover-crop afin d'avoir un sol meuble et bien aéré
- Nivellement: le terrain ne devant pas avoir une pente qui dépasse 1%

### MONTAGE DES SERRES

Les abri-serres utilisés au Maroc sont soit métalliques (Tunnels et Multichapelles), soit en bois. Ce dernier type présente l'avantage du coût d'installation moins onéreux; néanmoins, il est moins étanche que les abris métalliques. Il est préférable d'avoir une serre d'une hauteur de 4 à 5 m afin de créer un volant thermique plus favorable à la culture.

#### Brise-vents

Les brise-vents ont pour but de:

- réduire la vitesse du vent

- créer un micro-climat favorable à la culture

Ils sont fait généralement de filet 8/5 meshes qui a comme avantages une bonne perméabilité au vent et moins d'ombrage. La hauteur des brise-vents doit être environ de 5 m.

#### Préparation du sol

La préparation du sol consiste à:

- Epancher la fumure organique et les engrais de fond. La fumure doit être localisée à une bande d'environ 20 à 30 cm de profondeur

- Désinfecter le sol avec des nématicides ou le bromure de méthyl s'il est nécessaire

Un délai de 15 à 20 jours doit être respecté entre la désinfection et la plantation

- Confectionner les billons ou lignes de plantation
- Installer les rampes d'irrigation à raison de 9 à 10.000 goutteurs par hectare
- Installer le paillage plastique qui a pour but de rehausser la température et l'humidité du sol et de contrôler les mauvaises herbes

### PRODUCTION DE PLANTS

#### Semis

La période de semis de la tomate sous-serre débute vers mi-Juillet pour les précoces et s'étale jusqu'à fin septembre pour les tardives et les extra-tardives.

Les semis doivent se faire en plateaux alvéolés. Les besoins par hectare sont de 70 à 80 grammes de semences et 40 à 50 sacs de 80 litres de tourbe. Dans le cas du greffage, la quantité de semences du porte greffe et celle de la tourbe doivent être majorées de 20 à 30% compte tenu de la faible capacité germinative du porte-greffe.

Pour assurer une bonne germination, les plateaux doivent être couverts d'un film plastique les 2 ou 3 jours qui suivent le semis.

#### Entretien de la pépinière

- ombrer la pépinière en cas de forte chaleur
- Installer un filet insect-proof au niveau de toutes les ouvertures des serres
- éliminer les plants apparemment malades ou chétifs
- n'irriguer les plateaux qu'après le 3ème jour de semis, ensuite irriguer à l'aide d'un arrosoir tous les 2 ou 3 jours, en évitant tout excès d'eau
- lutter contre les rongeurs, en mettant des appâts empoisonnés à côté de la pépinière
- traiter environ une fois par semaine avec des fongicides et des insecticides afin d'éviter le développement des maladies et les dégâts des ravageurs

Plantation  
La plantation s'effectue lorsque les plants ont atteint 3 à 4 feuilles vraies, soit 3 à 4 semaines après semis. Juste avant plantation, effectuer une pré-irrigation, surtout si le sol est sablonneux. Essayer d'assoiffer les plants 1 à 2 jours avant plantation.

Juste avant la plantation, désinfecter les plants en trempant le bas des plateaux alvéolés dans un fongicide. Au cours de la plantation, essayer encore d'éliminer les plants malades et chétifs.

Couvrir avec du sol jusqu'au niveau de la motte. Eviter

l'assoiffement des plants en irriguant juste après plantation. Eviter les plantations en périodes chaudes. La densité de plantation préconisée est de 18.000 à 20.000 plants/ha. Cependant, cette densité peut être réduite à 12.000 plants/ha environ dans le cas des plants greffés (conduits généralement en 2 bras).

#### Fertilisation

Sous les conditions pédo-climatiques marocaines, les normes d'exportation de la tomate (fruits+appareil végétatif) en unités/tonne du fruits sont les suivantes:

N: 2,8 - P205: 0,85 - K20: 6 - CaS: 2,8 - MgO: 1,3. Il convient de signaler que le potassium représente le principal constituant minéral de fruit, de ce fait, il constitue l'élément majeur dans un plan de fumure de la tomate sous serre.

#### Fumure de fond

Fumure organique: 50 à 60 t/ha de fumier bien décomposé.

#### Fumure minérale (unités/ha)

N: 100, P205: 200, K20: 200, MgO: 50

Ces doses peuvent être corrigées en fonction des analyses du sol.

#### Fumure de couverture (Unités/ha)

N: 350, P205: 250, K20: 550, MgO: 100

Les engrais de couverture doivent être fractionnés et appliqués en fertigation. Les doses doivent être déterminées en fonction des conditions pédo-climatiques et les stades phénologiques de la plante.

#### Forme d'apport

En fumure de fond, l'azote est apporté sous forme de sulfate d'ammoniac (21%). De même, et afin d'éviter toute croissance luxuriante permettant le développement des maladies; la même source d'azote peut être utilisée en début de cycle (1 à 2 mois). En période froide, l'ammonitrate et le nitrate de potasse sont recommandés en engrais de couverture. Cette dernière source peut être également utilisée comme source de potassium en raison de la synergie que présentent les ions K<sup>+</sup> avec les ions nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et de sa bonne solubilité (133 kg/m<sup>3</sup> d'eau contre 74 kg/m<sup>3</sup> pour les sulfates de potasse).

Le TSP (45%) et le MAP (11-55-0) sont les deux principaux engrais utilisés pour le phosphore.

En cas d'irrigation avec des eaux légèrement saumâtres, un apport d'engrais à base de calcium est vivement conseillé afin d'éviter la nécrose apicale.

Dans les sols légers ou de type calci-magnésique, des cas de carences peuvent être observés. A cet effet, des apports d'oligo-éléments (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn) doivent être effectués soit en fertigation, soit par application foliaire.

#### Irrigation

La tomate est une plante assez sensible à la fois au déficit hydrique et à l'excès d'eau. Un déficit hydrique, même de courte durée, peut réduire sérieusement la production. De même, un excès d'eau, notamment aux stades de faible consommation peut provoquer l'asphyxie des racines et le dépérissement total des plants.

Les stades où les besoins en eau sont critiques se situent entre la floraison, nouaison et le grossissement des fruits. En effet, un stress hydrique au stade floraison provoque une coulure des fleurs et une mauvaise nouaison.

Il est recommandé d'assurer une bonne alimentation hydrique durant tout le cycle de la culture. Un stress hydrique qui précède ou suit une irrigation normale entraîne des éclatements des fruits qui deviennent par la suite prédisposés aux attaques de maladies et ravageurs.

#### Doses préconisées

Sous les conditions pédo-climatiques marocaines et sur la base d'un cycle de 9 à 10 mois et d'une densité moyenne de 18.000 plants/ha, les besoins en eau de la tomate sous-serre conduite en irrigation goutte à goutte sont de l'ordre de 7.000 m<sup>3</sup>/ha répartis par période comme suit:

Période Dose (litre/plant/jour)

Août - Septembre 0,5

Octobre - Novembre 1

Décembre - Février 1,5

Mars - Avril 2 à 2,5

Les goutteurs doivent avoir un débit de 2 à 4 l/heure. Dans le cas d'une culture en lignes jumelées, on peut installer un seul goûteur par 2 plants.

Lors de la préparation des solutions mères, le pH doit être maintenu entre 5,8 et 6. Pour cela on peut utiliser soit l'acide nitrique soit l'acide phosphorique en fonction des disponibilités, pour l'ajustement de pH. Ces acides permettent également le débouchage des goutteurs et présentent une source non négligeable en éléments fertilisants. A titre d'exemple, l'acide nitrique contient 20 unités d'azote par 100 litres.

#### Autres travaux d'entretien

Palissage: Toutes les variétés utilisées sous serre sont à croissance indéterminée. De ce fait, elles nécessitent un soutien pour que la tige demeure verticale. En serre, une ficelle doit être fixée au fil de fer au niveau de chaque plante. La ficelle est accrochée sur la 1ère ou la 2ème feuille basale de la plante d'une façon lâche afin de ne pas engendrer de dégâts (blessures ou coupures). Lors du 2ème passage, on enroule manuellement la plante autour de la ficelle à un tour complet entre 2 feuilles et ainsi de suite jusqu'à la fin du cycle.

Si on applique la technique de couchage, il faut veiller à un bon palissage de telle sorte que les fruits ne touchent pas le sol.

Amélioration de la nouaison: La production de la tomate sous-serre au Maroc coïncide avec des conditions climatiques défavorables à la nouaison. Plusieurs fleurs coulent, des fruits chutent sans se développer ou restent petits et déformés.

Pour améliorer la nouaison sous abri, il est possible d'intervenir en partie sur la gestion du climat en agissant sur l'aération de façon à réduire l'HR et à éviter les températures excessives. Mais ceci demeure souvent insuffisant sous abri-serre à climat non contrôlé.

Il reste alors le recours aux méthodes mécaniques de



secouage de fleurs. La technique la plus utilisée est celle des vibreurs électriques. Elle consiste à secouer le pédoncule du bouquet à l'aide d'un vibreur pendant quelques secondes. La période la plus favorable à la vibration se situe entre 10 h et 15 h quand la température est de l'ordre de 20 à 25°C et l'HR de 60 à 70 %.

L'utilisation des hormones de croissance, telles que fruitone et tomatone a permis l'augmentation du rendement, mais du point de vue qualité, ses résultats restent médiocres: beaucoup de fruits creux, mous, déformés et de mauvaise coloration.

Les bourdons pollinisateurs: L'utilisation de bourdons est devenue également très utilisée en culture sous serre, pour améliorer la nouaison, étant donné qu'elle permet les avantages suivants:

- Les bourdons sont actifs à température faible (5°C) ou assez élevée (35 °C)
- économie de main d'œuvre
- un rendement élevé et une qualité de fruit meilleure que les autres méthodes conventionnelles (manuel, vibreur, hormones).

A signaler qu'une colonie de bourdons peut polliniser une surface de 1.000 à 3.000 m<sup>2</sup> pendant 6 à 8 semaines, en fonction du type de serre et de la saison.

Effeuillage: L'opération consiste à enlever toutes les feuilles âgées, jaunâtres ou apparemment malades sur toute la hauteur de la tige. C'est une opération nécessaire pour une culture de tomate sous-serre car elle permet:

- une bonne circulation de l'air au niveau de la plante, ce qui permet d'éviter le développement de maladies et une meilleure nouaison des bouquets inférieurs
- Un bon entretien et une récolte plus facile

Le degré d'effeuillage dépend de la variété. Les variétés à forte densité de feuillage doivent être effeuillées plus que les variétés à faible densité de feuillage. Toutefois, Un effeuillage très sévère peut réduire le rendement et la qualité.

Le 1er effeuillage doit être fait 45 à 60 jours après plantation puis l'opération se répète chaque fois qu'il est nécessaire.

Ebourgeonnage: La tomate sous serre est conduite en un seul bras. Donc, il faut procéder à supprimer tous les bourgeons axillaires à un stade précoce. Un ébourgeonnage tardif peut engendrer un affaiblissement des plants. Il faut procéder à un badigeonnage de la tige au niveau des bourgeons enlevés car les blessures des tiges peuvent éventuellement constituer une porte d'entrée aux maladies.

Écimage: La tomate est une culture à croissance indéterminée. Afin d'arrêter la plante à un niveau de croissance déterminé et limiter le nombre de bouquets, un écimage est nécessaire. L'opération consiste à pincer la tige principale au niveau désiré. L'opération doit se faire 2 à 3 feuilles après le dernier bouquet afin de permettre un grossissement normal des fruits des bouquets supérieurs.

Aération des serres

La pratique de l'aération joue un rôle essentiel dans la gestion du climat à l'intérieur des abri-serres. Elle a pour but d'atténuer les amplitudes thermiques et d'éliminer l'excès de chaleur et d'humidité accumulées à l'intérieure des serres. Une mauvaise aération peut engendrer des difficultés de nouaison, le développement des maladies et une qualité du fruit médiocre (mauvaise coloration ,faible tenue, fruit creux,...).

En période hivernale, allant de Décembre à Février, les abris doivent être manipulés de la façon suivante:

- fermer totalement les tunnels pendant la nuit et assurer une bonne étanchéité des abris-serre
- ouvrir tôt le matin afin d'éliminer l'excès d'humidité
- fermer un peu plus tôt l'après midi pour emmagasiner la chaleur et ce afin de garder une température proche de l'optimum pendant la nuit

De Septembre à Novembre et de Mars à Mai on laisse ouverts, pendant la nuit, les côtés opposés aux vents dominants et on ouvre au maximum l'abri durant la journée afin d'éliminer l'excès de chaleur et d'humidité. Toutefois, on peut utiliser du filet insect-proof afin d'éviter l'envahissement des serres par les insectes ravageurs et vecteurs de maladies virales.

Les serres doivent être laissées fermés en cas de fortes chaleurs (chergui).

#### MALADIES ET RAVAGEURS

Malgré l'utilisation de variétés hybrides, résistantes aux nématodes et aux maladies vasculaires (fusariose et verticilliose), la tomate sous serre demeure sujette aux attaques d'autres maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts très importants. Les principaux symptômes et dégâts des maladies et ravageur ainsi que leurs moyens de lutte sont récapitulés dans le tableau en page 4 (voir fichier PDF).

#### Lutte intégrée

Dans le but de préserver l'environnement et protéger le consommateur des effets néfastes d'une utilisation abusive des pesticides, et afin de respecter les normes de tolérance des résidus dans les pays destinataires et de faire intégrer notre agriculture dans le marché international, le recours à la lutte intégrée dans les différentes stratégies de protection phytosanitaire s'avère indispensable. Elle consiste en l'utilisation de tous les moyens aussi bien cultureaux, biologiques que chimiques pour une meilleure optimisation de la lutte contre les maladies et ravageurs de la culture tout en réduisant les applications non justifiées de pesticides.

#### Récolte et conditionnement

##### Récolte

La récolte de la tomate sous serre se fait manuellement et elle est échelonnée sur plusieurs mois (5 à 8 mois). Le stade de récolte est fortement tributaire de la variété, des conditions climatiques, de la destination et de moyens de transport. A titre d'exemple pour les marchés lointains, il est préférable de récolter les fruits au stade pointé (30% à 40% rouge). Pour les marchés de l'UE et pour le transport routier, la récolte peut se faire à un stade avancé (60% à 70% rouge).

La récolte doit se faire en temps sec, mais en dehors des heures les plus chaudes. Le recours au maintien des serres fermées pendant les mois Mars et Avril afin d'accélérer la maturité engendre des pertes considérables sur la qualité (ramollissement et mauvaise coloration des fruits).

- Eviter de remplir trop les caisses en procédant à un arrangement des fruits afin d'éviter les frottements et les écrasements.

- Eviter l'exposition de la production au soleil.

- Réduire au maximum le délai entre récolte et la livraison aux stations de conditionnement.

Pour l'emballage en plateaux alvéolés, les fruits doivent être cueillis avec pédoncules.

Conditionnement

Calibrage

Le calibrage de la tomate est déterminé par le diamètre maximum de la section équatoriale de fruit. Les calibres autorisés à l'exportation selon les normes en vigueur sont les suivants:

- Calibre I : 82 - 102 mm de diamètre

- Calibre II : 77 - 82 mm

- Calibre III: 67- 77 mm

- Calibre IV: 57- 67 mm

Coloration

La tomate est conditionnée sous 2 types de coloration:

Coloration TR (40 % rouge maximum)

Coloration R (40 à 80 % rouge)

La coloration doit être rouge brillante, attrayante et uniforme pour tous les fruits.

Emballage

Les tomates doivent être conditionnées et emballées de façon à assurer une protection convenable du produit. Chaque plateau doit porter les indications suivantes: Nom de la variété, la coloration, le calibre, la catégorie, la marque commerciale, le code de la station et l'organisme chargé du contrôle n.

Exemple de coûts de production d'un hectare de tomate (voir fichier PDF)

Rubriques et Coûts (Dh/ha/an)

Frais d'investissement

Matériel Agricole (Tracteur, charrues, atomiseur, remorque) 5 800

Matériel d'irrigation (Forage, moto-pompe, micro-irrigation) 10 400

Matériel serre (Armature, plastique, fil de fer, montage) 62 100

Brise vents (Filet, poteaux, fil de fer, montage) 4 210

Autre matériel (Plateaux alvéolés, ficelle, caisserie) 2 760

Sous total 85 270

Frais de campagne

Pépinière (Semence, tourbe, plastique, arrosoirs) 14 230

Conduite culture (Bourdons, fumier, paillage, engrais, phyto) 56 000

Energie (gasoil pour travaux sol, pompage et traitements) 2 540

Main d'oeuvre occasionnelle 44 000

Main d'oeuvre permanente (gérant pour 5 ha) 4 800

Location de terrain 5 000

Sous total 125 570

Frais financiers 30 400

Total général 241 240

Rendement brut: 140 tonnes/ha dont Export 60 t x 3,5 dh/kg (net producteur) = 210 000 dh Marché local 80 t x 1,2 Dh/kg = 96 000 dh

Marge nette = 306 000 - 241 240 = 64 760 dh/ha

Maladies et ravageurs de la tomate: Symptômes, dégâts et moyens de lutte

Symptômes et dégâts/ Moyens de lutte (Voir fichier PDF)

Maladies cryptogamiques

Alternaria

Sur feuille: Apparition de taches arrondies noirâtres montrant des cercles concentriques. Des taches chancreuses peuvent se manifester sur tige. Sur Fruit: la maladie s'attaque en premier lieu aux sépales qui se nécrosent, puis passe aux calices.

Utilisation des variétés résistantes, destruction des fanes des cultures précédentes, rotation culturale adéquate, aération des tunnels, traitement chimique

Oïdium

Apparition de taches jaunes sur la face supérieure des feuilles, et d'un duvet blanc sur la face inférieure, Après jaunissement des feuilles, elles se dessèchent et tombent. Une malnutrition minérale accentue la maladie. La maladie ne se manifeste jamais sur fruit.

Assurer une bonne aération des serres pour éviter l'excès de chaleur, éviter les assoiffements des plants, supprimer les feuilles basales attaquées par la maladie, stimuler la croissance par un apport azoté, traitements chimiques

Mildiou

Apparition des taches jaunâtres qui brunissent rapidement. Sur la face inférieure des feuilles on voit un duvet blanc, grisâtre qui déssimine les spores. Les tiges attaquées noircissent et la plante meurt en quelques jours.

Eviter les excès d'azote et d'eau, bonne aération des tunnels, élimination des plants malades, effeuillage régulier, traitements chimiques préventifs, alterner les produits pour éviter l'accoutumance.

Botrytis (ou pourriture grise)

Sur feuille et tige: Apparition des taches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre. Ces taches peuvent évoluer en chancre sur tiges et pétioles. Sur fruit, on observe une pourriture molle grise. Chute des fleurs et fruits.

Réduire les sources d'infection, destruction des débris végétaux, choix de variétés résistantes, éviter l'excès d'eau, éviter l'excès d'azote, aération adéquate des serres, traitement chimique, en préventif (essayer d'alterner les produits de la famille benzimidazoles et

les dicarboximides)

## Maladies bactériennes

### Chancre bactérien

flétrissement unilatéral sur feuille, suivi d'un dessèchement total. des coupes longitudinales sur tige et pétioles montrent des stries brunâtres. en cas de forte chaleur et hr élevée, on observe des chancres ouverts sur tiges et pétioles. sur fruit, se forment des taches blanchâtres, dont le centre brunit et s'entoure d'un halo jaune clair, d'où le nom de "oeil d'oiseau"

Eviter les terrains infestés Aération convenable des serres Eviter l'apport excessif d'azote Eviter les excès d'eau Eliminer les plants malades Appliquer des fongicides à base de cuivre qui ont un effet bactériostatique Désinfection des abris-serre avant plantation Utilisation de semences certifiées Traitement de semences Variétés résistantes

### Moucheture de la tomate

sur feuillage: apparition des taches noires de contour irrégulier entourées d'un halo jaune. ces taches peuvent se joindre et forment une plage nécrotique brune-sombre. les folioles se dessèchent et tombent. si l'attaque est précoce, on assiste à une coulure importante des fleurs. Sur fruit, on observe des taches brunes nécrotiques.

Gale bactérienne: apparition des taches brunâtres relativement régulières entourées d'un halo jaune. de nombreuses taches entraînent le dessèchement de folioles et la chute des feuilles. sur fruit, de petits chancres pustuleux apparaissent et prennent un aspect liégeux.

### Moelle noire

les plantes atteintes présentent des taches sombres sur tige, pétioles et pédoncules. une coupe longitudinale de la tige montre une moelle noire remplie de vacuoles. les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire.

### Viroses (TYLCV)

ralentissement de la croissance Jaunissement des folioles Fruits petits et nombreux Enroulement des feuilles en forme de cuillère Rabougrissement des plants infectés Lutte préventive contre le vecteur Bemisia tabaci

Lutte biologique par l'utilisation de prédateurs naturels: Eucarsia formosa contre la mouche blanche Lutte culturale: éliminer les sources primaires et secondaires du virus, utilisation de filets étanches et utiliser les plants sains

### Nématodes à galles

Apparition de galles sur les racines des plants attaqués. La tige rabougrit, les feuilles jaunissent, puis la plante dépérit.

Eviter le sol infesté, désinfection avant plantation à l'aide de nématicides, utilisation de variétés résistantes,

recours aux porte-greffes résistants

Insectes et ravageurs

### Acariens

la face inférieure des folioles devient brune à bronzée. Sur fruit, la peau devient suberifiée et présente des craquelures.

Aération des tunnels, éviter l'assoiffement des plants par une irrigation régulière, assurer un bon binage pour éliminer les plantes hôtes, éviter l'excès de certains produits chimiques qui peuvent éliminer les prédateurs naturels et faire apparaître des résistances chez le ravageur, traitement chimique avec des acaricides

### Noctuelles

les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante. Sur fruit, les larves creusent des galeries qui évoluent en pourriture, puis une chute prématurée des fruits attaqués.

Traitement insecticide à base de pérythrinoides (Deltametrine, permetrine etc..) en alternance avec les autres insecticides couramment utilisés

### Désordres physiologiques

#### Necrose apicale

sur fruit, on observe une tache brunâtre qui se nécrose par la suite et provoque le dessèchement pistalaire du fruit qui devient sujette aux attaques des champignons. les 2 ou 3 premiers bouquets sont les plus touchés par cette anomalie.

Apport d'engrais azoté à base de nitrates et de calcium Irrigation régulière, ébourgeonnage et effeuillage à temps, éviter l'irrigation avec des eaux saumâtres, traitement chimique avec les nitrates de chaux ou le chlorure de calcium

#### Tomate creuse

le fruit prend une forme triangulaire ou cordiforme. les loges sont vides, présentant parfois peu de graines. la chair est moins épaisse.

Fertilisation potassique fractionnée, éviter l'apport excessif d'azote et de phosphore, Irrigation régulière, bonne fermeture des abris pendant la nuit au cours des mois les plus froids, amélioration de la nouaison par l'utilisation des vibreurs

#### Eclatement au cours du grossissement du fruit

on observe des gerçures au niveau du collet qui peuvent évoluer, si les conditions deviennent favorables, en éclatement circulaire ou radial.

Irrigation régulière, aération judicieuse des abris fertilisation rationnelle, utilisation de variétés tolérantes Blotchy- ripening

les fruits affectés présentent des plages verdâtres, irrégulières qui persistent même à maturité complète. Une coupe longitudinale du fruit, montre un brunissement de péricarpe avec des vaisseaux liquéfiés.

Eviter l'excès d'azote, éviter l'excès d'eau, pratiquer un bon effeuillage et ébourgeonnage, surtout pour les

variétés à forte densité de feuillage, aération régulière des abris-serres, éviter l'effet d'ombrage causé par des brise-vents ou des tunnels trop rapprochés.

Allal CHIBANE, Ingénieur Agronome  
MADRPM/DPV/DH

Défaillance du réseau d'irrigation des terres agricoles À GUELMA  
La récolte de la tomate industrielle compromise

Par BAALI Hamid le 16-07-2015 Liberté.

Faute d'irrigation appropriée, la production de tomates est sérieusement menacée. ©D. R.

Des fellahs ont lancé un appel désespéré sur les ondes de la radio régionale en soulignant que leurs récoltes sont compromises faute d'irrigation d'appoint durant la période cruciale.

Les pouvoirs publics ont mis en œuvre ces dernières années une batterie de mesures incitatives en direction des fellahs, et le barrage de Bouhamdane, distant d'une vingtaine de kilomètres du chef-lieu de wilaya, contribue à l'irrigation d'un périmètre de plusieurs milliers d'hectares en octroyant annuellement plus de 24 millions de m<sup>3</sup> d'eau. L'Onid (Office national d'irrigation et drainage), domicilié à Boumahra-Ahmed, est chargé de cette mission stratégique. Cependant, les fellahs sont en colère et tirent à boulets rouges sur cet organisme, dont ils dénoncent la carence caractérisée et le manque d'engagement. Dimanche, quatre fellahs s'adonnant aux cultures céréalières, industrielles et maraîchères sont montés au créneau et ont lancé un appel désespéré sur les ondes de la radio régionale en soulignant que leurs récoltes sont compromises faute d'irrigation d'appoint durant la période cruciale. Ils appréhendent à juste titre des rendements médiocres en dépit d'investissements conséquents dans la culture de la tomate industrielle. Plusieurs d'entre eux se sont rapprochés de Liberté pour exprimer leur ras-le-bol et décrier la gestion de l'Onid qu'ils qualifient de désastreuse. Le directeur de deux fermes-pilotes implantées dans la commune de Belkheir est catégorique : "Nous avons choisi le partenariat conventionné avec des fellahs du secteur privé afin de solliciter le concours de l'Onid, qui exige le versement de 17 000 DA pour l'irrigation d'un hectare à raison d'un volume global de 5500 m<sup>3</sup> d'eau. J'ai viré à titre d'avance la somme de 296 millions de centimes à cet office qui a failli à ses engagements, puisque la culture de la tomate industrielle a été sérieusement affectée durant le cycle végétatif, et j'ai

honoré les contrats d'assurances auprès de la CRMA. Le verger d'une cinquantaine d'hectares de la ferme-pilote Boumaza-Saïd est déclaré sinistré à concurrence de plus de 90%, et ce, faute d'irrigation appropriée. Nous accusons une perte sèche de plusieurs centaines de millions de centimes !"

Un autre fellah visiblement excédé poursuit : "L'irrigation est insuffisante, irrégulière et sévèrement rationnée par les gestionnaires de l'Onid, et ce laisser-aller a causé des dégâts irréversibles à nos cultures. Nous attendons un rendement de 150 à 200 q de tomates industrielles par hectare, alors que l'année écoulée, nous avons obtenu 600 à 700 q/ha ! Nous avons investi une quarantaine de millions de centimes par hectare et voilà les résultats !" Le directeur de la ferme-pilote Boumaza est déçu par les résultats de la campagne moissons-battages : "Nous n'avons obtenu qu'un rendement de 16 à 20 q de céréales par hectare alors qu'en irrigué, nous avons tablé sur 40 à 50 q/ha." Nos interlocuteurs estiment que la gestion du périmètre irrigué est catastrophique, à savoir des canalisations fissurées, des châteaux d'eau envasés et des fuites d'eau monumentales.

Lors du lancement de la campagne moissons-battages, des fellahs avaient tiré la sonnette d'alarme, ce qui a fait réagir le wali qui avait sévèrement mis en garde le directeur de l'Onid. Selon ce groupe de fellahs, la situation est toujours désastreuse, et un expert conventionné avec la CRMA a été requis avant d'évaluer les dégâts sur le terrain. De toute évidence, ces fellahs ont décidé d'ester en justice les responsables de l'Onid.

H. B