

# Qualité de la tomate de serre

## Conduite de l'alimentation hydrominérale en culture sur substrat

par Maurice MUSARD,  
C.T.I.F.L.

Rendement et qualité sont les objectifs d'une production de tomate sous serre. Pour les atteindre l'alimentation en eau et en sels minéraux doit répondre aux besoins de la culture. Le présent article précise ces besoins en s'appuyant principalement sur l'expérience acquise dans la serre du centre C.T.I.F.L. de Balandran (Gard).

La production, en rendement et en qualité, d'une culture de tomate est fortement influencée par son alimentation en eau et en éléments minéraux.

La maîtrise de cette alimentation est difficile dans les sols, surtout ceux à forte capacité de rétention en eau et à capacité d'échange cationique élevée, car les réserves du sol empêchent toute modification rapide des équilibres entre les éléments.

En culture sur substrat et principalement pour des substrats à forte porosité et à capacité d'échange cationique faible ou nulle, les quantités d'éléments et les équilibres nutritifs de la solution sont modifiables en quelques jours, voire quelques heures.

Ces modifications sont bien maîtrisables quand elles sont prévisibles car elles correspondent à des stades de végétation ou à la variation normale du climat; par contre, elles sont plus difficiles à maîtriser quand elles doivent intervenir à la suite d'à-coups climatiques.

L'alimentation hydrominérale doit satisfaire :

- les besoins en eau,
- les besoins en éléments nutritifs, tout en maintenant une salinité régulière au voisinage des racines et un taux d'oxygène dissous suffisant.

La conduite consistera donc à distribuer aux plantes une solution nutritive adaptée aux stades phénologiques et ce en quantités et fractionnements suffisants pour éviter tout à-coup dans l'alimentation.

### Besoins en eau sous serre.

• La quantité d'eau consommée par une culture dépend de la quantité d'énergie qu'elle reçoit et de la surface foliaire du couvert végétal.

• Pour les serres courantes et sans ombrage, l'évapotranspiration potentielle (ETPs) correspondant à l'évapotranspiration réelle maximale d'un couvert végétal continu (exemple gazon de fétuque) dépend du rayonnement solaire global (G) reçu à l'extérieur.

$$ETPs = t G$$

ou G est exprimé en mégajoules/m<sup>2</sup> jour (MJ/m<sup>2</sup> jour)

$$0,67 \times \text{coefficient de paroi}$$

$$\text{et } t = \frac{\quad}{2,51}$$

Le coefficient de transmission de la paroi, ou enveloppe de serre, dépend des caractéristiques de la paroi et de la hauteur du soleil sur l'horizon; il est donc plus élevé en jours longs qu'en jours courts.

TABLEAU 1. — EXEMPLE POUR UNE SERRE COUVERTE EN SIMPLE PARI ET POUR UNE LATITUDE DE 44 A 45 °.

Valeurs simplifiées de t	% de transmission	Période d'observation
0,133	50	Du 01/12 au 20/01
0,161	60	Du 21/01 au 18/02
0,187	70	Du 01/03 au 31/05
0,214	80	Du 01/06 au 31/07
0,187	70	Du 01/08 au 31/10
0,161	60	Du 01/11 au 01/12

Il faut préciser qu'en cas de culture très chauffée en jours courts, donc à faible rayonnement solaire, l'apport d'énergie dû au chauffage accroît sensiblement l'évapotranspiration.

Pour une culture de tomate sur substrat conduite en irrigation localisée, l'évapotranspiration réelle peut être rapprochée de l'ETPs en faisant

intervenir un coefficient culturel fonction du stade de végétation

K = 0,4 à 0,5 de la plantation à la floraison du 1<sup>er</sup> bouquet.

K passe de 0,5 à 0,8 de la floraison du 2<sup>e</sup> bouquet à celle du 5<sup>e</sup> bouquet; ensuite, il est voisin de 0,9.

Exemple : figure 1.

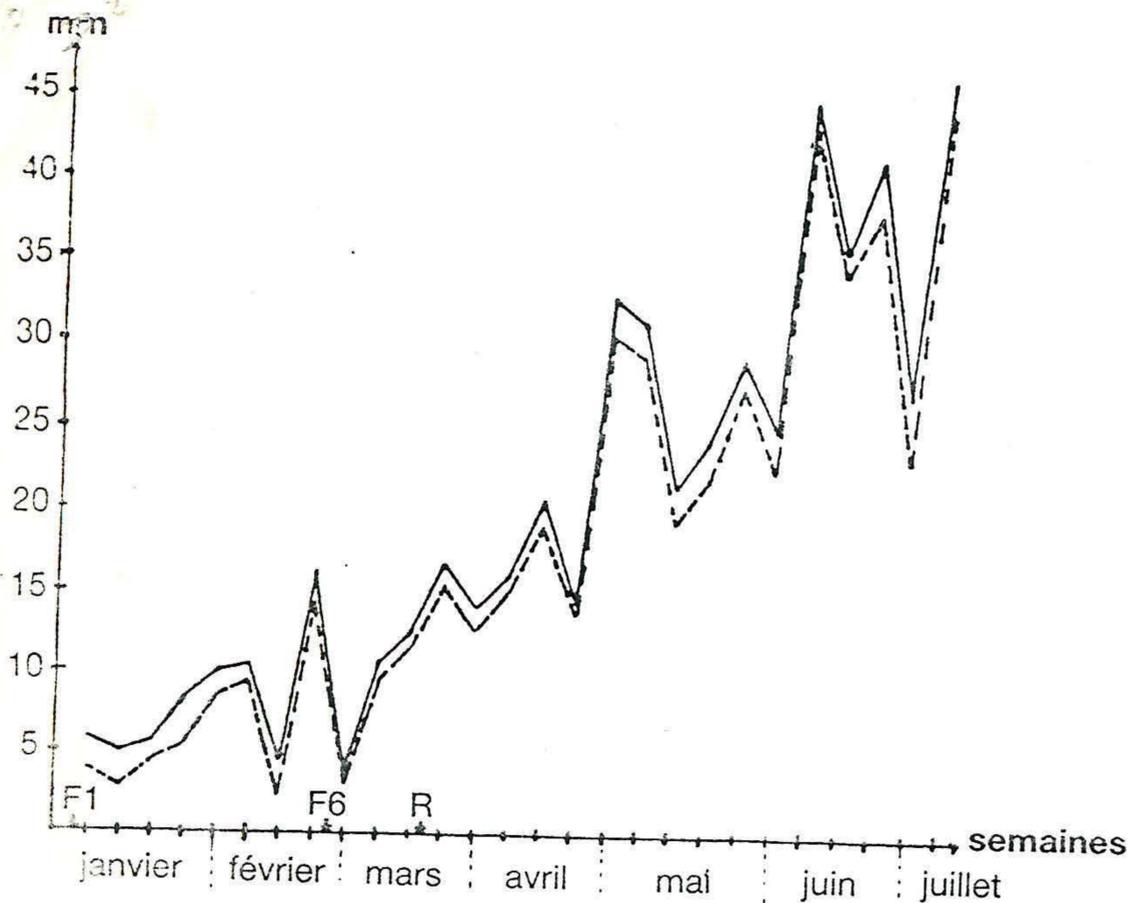


Figure 1 : Tomate de printemps : comparaison ETPs-consommation.

Plantation : 22 décembre - F1 : floraison 1<sup>re</sup> inflorescence - F6 : floraison 6<sup>ème</sup> inflorescence.  
R : début de récolte - Légende : ——— ETPs - - - - - consommation.

### Besoins en éléments fertilisants.

Le carbone, l'oxygène et l'hydrogène, qui représentent la part la plus importante, plus de 90 % de la matière végétale, sont prélevés dans l'air et dans l'eau.

L'azote (N de NO<sub>3</sub> et de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), le potassium (K<sup>+</sup>), le calcium (Ca<sup>++</sup>), le magnésium (Mg<sup>++</sup>), le phosphore (P de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>), le soufre (S de SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), le sodium (Na<sup>+</sup>), le chlore (Cl<sup>-</sup>), ainsi que les oligo-éléments, sont prélevés dans la solution du substrat; la solution nutritive doit donc contenir tous ces éléments, mais dans des proportions ou équilibres différents suivant le stade végétatif des plantes.

Tableau 2. — COMPOSITION MINÉRALE MOYENNE DE LA TOMATE. Quantités exprimées en g/kg de matière sèche (d'après Sonneveld).

Elément minéral	Feuilles	Fruits
K Potassium	30,0	50,7
Ca Calcium	60,0	2,0
Mg Magnésium	9,6	1,9
N Azote	30,1	25,2
P Phosphore	3,9	3,9

Les feuilles et les fruits ne contiennent pas les éléments dans les mêmes proportions (Cf. tableau 2).

En pleine croissance, les besoins en Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> sont élevés et les équilibres entre K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> doivent être pour des quantités d'ions en milliéquivalents (mé) :

$$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} = 0,4 \text{ à } 0,6$$

En période de grossissement des fruits et prématuration, soit pour les variétés indéterminées à fruits charnus, à partir de la floraison du 6<sup>ème</sup> bouquet, ce rapport va augmenter en abaissant surtout le calcium pour obtenir :

$$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} = 0,8 \text{ à } 0,9$$

Il est souvent conseillé d'apporter 9 à 10 mé (180 à 200 g) de calcium par litre de solution nutritive en période de pleine croissance et de ramener cette teneur à 5 ou 6 mé/l (100 à 120 mg/l) en période de production.

En cas de déséquilibre en période de croissance, la carence en calcium peut provoquer :

- la nécrose des bourgeons terminaux,
- une augmentation de la sensibilité aux maladies vasculaires (fusariose par exemple).

En cours de maturation, la carence vraie en calcium ou un rapport

$$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} > 1$$

provoque la nécrose apicale des fruits.

A ce même stade, l'excès en calcium ou un rapport

$$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} < 0,6$$

favorise l'apparition des taches immatures et l'évolution des collets verts, même diffus, en collets jaunes; pour ce défaut, l'effet du climat de la serre, en particulier les températures de fruits élevées, est plus important que celui de l'équilibre entre les cations (cf. article C. Wacquant pages 5 à 10).

Quand la transpiration des plantes est faible par manque d'insolation ou par températures basses et une hygrométrie élevée, le calcium peut migrer en excès dans les fruits et provoquer l'apparition de points jaunes dorés sous l'épiderme; ces taches sont dues à des molécules d'oxalate de calcium qui abîment les parois cellulaires; ce phénomène est aggravé par un excès de calcium dans la solution nutritive.

Les résultats obtenus au C.T.I.F.L. Balandran en 1986 (tableau 3) montrent que les poids moyens et la part de fruits présentant des taches immatures sont plus faibles avec le rapport

$$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$$

le plus élevé, mais il faut remarquer que la conductivité électrique (CE) des solutions drainées est plus élevée dans le cas du rapport

$$\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}} < 0,6$$

le plus fort.

(Tableau 3).

Tableau 2. — COMPARAISON DE DEUX EQUILIBRES

K <sup>+</sup> Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup> Ca <sup>++</sup> + Mg <sup>++</sup>		
	en apport		
	0,33	0,88	
Conductivité électrique de la solution en mai-juin : • apport • drainage	= 1,4 mS. cm = 1 mS. cm	= 1,4 mS. cm = 3 mS. cm	
Rendement commercial (kg/m <sup>2</sup> )	9,6	10,5	NS
Poids moyen des fruits (g)	187	166	S
Fruits avec taches immatures en % du rendement brut	9,8 %	3,7 %	S

Production au 19 juin - Variété Dombito (Bruinsma) - Culture sur substrat - CT.I.F.L. Balandran 1986.

• **L'azote** est apporté essentiellement sous forme NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mais il est nécessaire d'en mettre une partie sous forme NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pour maintenir l'acidité (pH) des solutions racinaires à un niveau correct, soit à pH entre 5,6 et 6,1. La part d'azote sous forme NH<sub>4</sub><sup>+</sup> est de 5 % à 15 % du total.



Fruits à maturité marbrés de plages vertes et diffuses. Marbrure ou Virus de la Mosaïque du Tabac.

Les quantités d'azote apportées par plante vont de 30 à 40 mg/jour pour des jeunes plants, jusqu'à 180-200 mg/jour pour des plants de tomate au stade floraison des 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> bouquets; ensuite, en cours de récolte, les besoins diminuent légèrement (R. Brun, I.N.R.A. Antibes).

• **Le phosphore** est apporté sous forme H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ou ramené à cette forme dans la solution nutritive par acidification.

La quantité de phosphore dans les solutions est plus élevée en jours courts ou par temps couvert qu'en jours longs; elle varie de 1,6 à 1,0 mé/l de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

L'excès est à éviter car il pourrait provoquer des carences en zinc et, dans certains cas, favoriser l'apparition de nécroses apicales sur les fruits.

• **Le soufre** est apporté sous forme SO<sub>4</sub><sup>--</sup> et les besoins paraissent satisfaits à des teneurs de 1,5 à 2 mé/l de solution nutritive. Des concentrations élevées de 4 à 8 mé/l ne provoquent pas d'accident direct, mais participent à l'augmentation de la salinité.

• Il en est de même pour le **chlore** dont les besoins sont voisins de 0,2 à 0,3 mé/litre de solution.

• **Le sodium** est nécessaire et les solutions en contiennent 2 à 0,3 mé/litre; il peut être en excès comme les excès de SO<sub>4</sub><sup>--</sup> et Cl<sup>-</sup> influer sur la salinité.

Si, pour tous les éléments majeurs, les besoins sont assez bien connus et augmentent avec la croissance de la plante, pour les **éléments**, les apports sont généralement réalisés à même concentration durant toute la culture; dans ce cas, il a été observé des symptômes de carence en fer et manganèse en jours courts ou par temps peu ensoleillé.

Pour prévenir ces accidents, il faut, en période critique, apporter 1,5 à 2 mg/l de fer (sous forme chélate) au lieu de 0,5 à 1 mg/l et 1 à 1,2 mg/l de manganèse au lieu de 0,6 mg/l.

### La solution nutritive : composition, concentration et acidité.

#### Composition moyenne.

Les solutions nutritives proposées par les organismes français ou étrangers sont très proches pour les équilibres et les teneurs en éléments fertilisants (tableau 4). Ces solutions nutritives sont distribuées aux plantes en fonction de l'ETP et les plantes prélèvent ce qui leur convient; **il est donc indispensable** de faire analyser régulièrement (tous les 15 à 20 jours) la solution racinaire et, en fonction des résultats, de modifier les apports en respectant les équilibres souhaités par stade phénologique.

Les modifications de composition n'interviennent que si les résultats d'analyse donnent des valeurs extérieures aux limites proposées au tableau 5.

#### Concentration.

La concentration est mesurée en conductivité électrique (CE) exprimée en millisiemens par centimètre (mS. cm).

Tableau 4. — COMPOSITION MOYENNE DES SOLUTIONS POUR LES PRINCIPAUX IONS ALIMENTAIRES (en mé/l).

Stades	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Pépinière à F2 (jours courts)	15 à 16	0,5	1,8	2	5 à 6	9 à 11	3 à 4
F2 à F6	13	1 à 1,5	1,4	2	6	7	2,5 à 3
F6 à R2	12	1 à 1,5	1,2	1,5	6 à 7	5	2
R2 à fin (jours longs)	9 à 10	1	1,1	1,5	5,5	4 à 5	2

Exemple : pour une culture d'hiver-printemps prolongée en été - F2 : 2<sup>e</sup> inflorescence - F6 : floraison 6<sup>e</sup> inflorescence - R2 : récolte 2<sup>e</sup> bouquet.

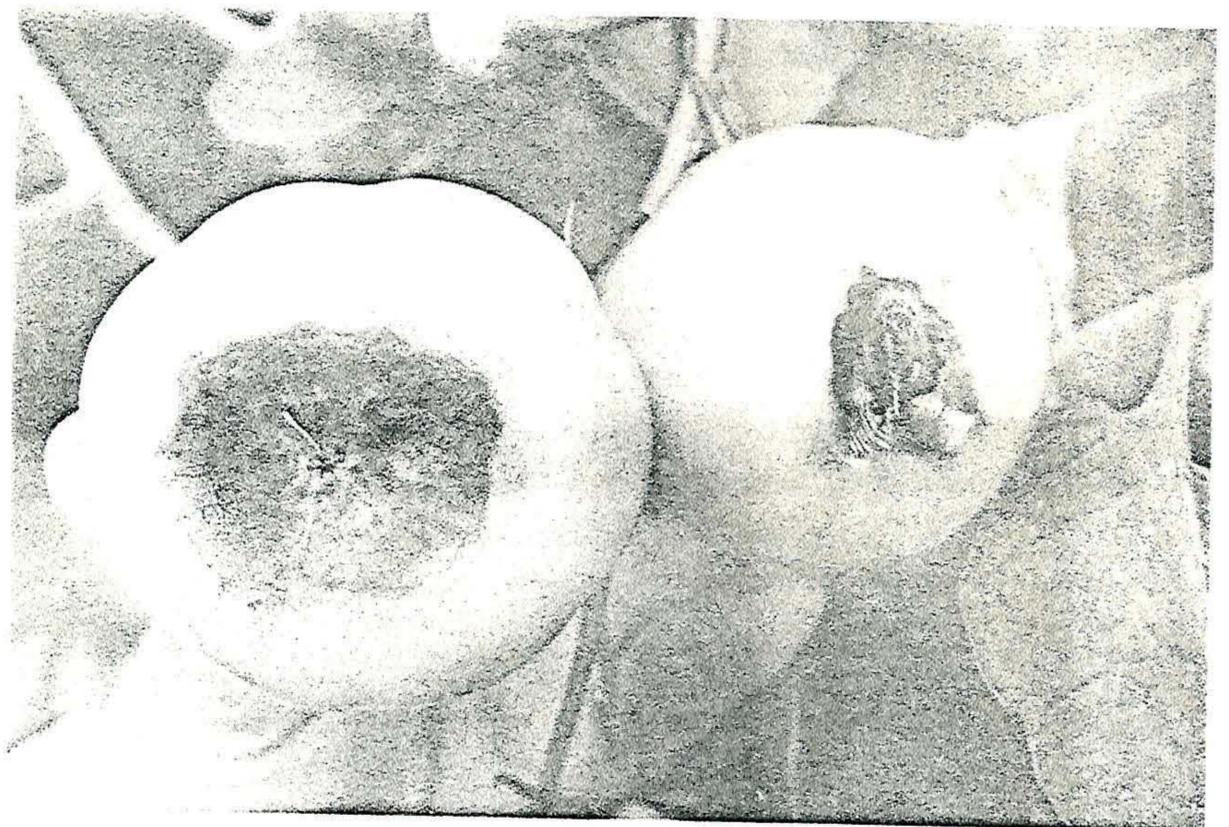
Taches à plages noires concaves  
à l'extrémité des fruits,  
le pénétrant parfois profondément.  
Nécrose apicale (blossom end rot).

Les variétés de tomates à fruits charnus sont conduites à des CE supérieures à celles à fruits ronds pour augmenter la fermeté et diminuer les défauts de coloration des fruits, même si cela provoque une diminution de leurs poids moyens (tableau 6).

Pour les 4 solutions, les équilibres entre les ions  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  étaient identiques, mais les concentrations différentes (apports de sulfates de magnésium et de potassium et de chlorure de potassium).

Les résultats montrent que l'élévation de CE diminue le pourcentage de collet jaune, sauf au plus haut niveau pour 'Perfecto' dont la croissance a été réduite par la CE élevée. Dans cet essai, le pourcentage de fruits présentant des taches immatures était très faible (même équilibre entre  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  pour les 4 solutions).

Actuellement et compte tenu des résultats obtenus aux Pays-Bas (C.



Zone pédonculaire de fruit restant jaune malgré un état de maturité avancée.  
Collet jaune.

Tableau 5. — TOMATES CHARNUES  
COMPOSITION DE LA SOLUTION DE DRAINAGE.

	Limites	Moyennes
pH	5,5 - 6,2	5,8
CE	1,8 - 4,0 mS. cm	2,6 mS. cm
N ( $NO_3$ )	20 - 60 mg/l	160 mg/l
P	120 - 200 mg/l	40 mg/l
K	170 - 270 mg/l	220 mg/l
Ca	120 - 270 mg/l	220 mg/l
Mg	20 - 70 mg/l	50 mg/l
$SO_4$	50 - 430 mg/l	310 mg/l
Fe	0,6 - 2,0 mg/l	0,8 mg/l
Mn	0,2 - 1,0 mg/l	0,5 mg/l
Zn	0,3 - 0,9 mg/l	0,6 mg/l
B	0,2 - 0,8 mg/l	0,5 mg/l
Cu	0,02 - 0,09 mg/l	0,05 mg/l
Na	< 138	en fonction
Cl	< 213	CE souhaitée
N ( $NH_4$ )	< 10	—

Sonneveld), il peut être envisagé d'augmenter les conductivités des solutions nutritives avec des ions peu alimentaires comme  $Cl^-$  et  $Na^+$  pour améliorer la qualité des fruits.

Tableau 6. — INFLUENCE DE LA CONCENTRATION DE LA SOLUTION NUTRITIVE SUR L'EXPRESSION DES COLLETS JAUNES OU AUREOLES JAUNES.

CE drainage mai-juin (mS. cm)	'Dombito' (Br)	'Perfecto' (VdB)
1,5 à 2,0	10,6 %	5,0 %
2,0 à 2,7	9,4 %	0,7 %
3,0 à 4,5	5,1 %	0,1 %
3,5 à 6,5*	4,8 %	0,5 %

\* Valeurs les plus élevées pour 'Perfecto' - Br : Bruinsma - VdB : Van den Berg.

## Qualité de la tomate (suite).

Pour maintenir la CE souhaitée au niveau des racines, il faut :

- la mesurer régulièrement, soit par prélèvement dans le substrat, soit au drainage; le pH est contrôlé sur le même échantillon,
- maintenir un drainage permanent en culture dont la quantité dépend du système de culture, mais ne doit jamais être inférieure à 5% de l'apport,
- intervenir par augmentation du pourcentage de drainage et abaissement de la concentration des apports quand la CE au niveau des racines dépasse la limite haute souhaitée, soit par augmentation de la concentration des apports quand cette conductivité est trop faible.

### Acidité.

Elle se mesure en points et dixièmes de point de pH, exemple pH = 5,8. Elle est obtenue, dans la plupart des cas, par injection d'acide nitrique qui apporte des ions  $\text{NO}_3^-$ , et plus rarement à l'aide d'acide sulfurique ou d'acide phosphorique; les ions  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  ou  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ainsi apportés sont comptés dans la fertilisation.

Le pH est maintenu au niveau souhaité en agissant sur le taux d'injection d'acide, mais sans descendre en-dessous du pH = 4,5. Pour éviter les apports trop acides, il est possible d'abaisser le pH au niveau des racines en augmentant l'apport de  $\text{NH}_4$  de 0,5 à 2 mé/l.

### Conclusion.

La rigueur dans la conduite de l'alimentation hydrominérale est un élément important dans la réussite de la culture et donc de l'obtention d'une production régulière et élevée en quantité et qualité.

Cette rigueur doit être aussi appliquée à la régulation du climat de l'ambiance et du substrat, au suivi de la taille et du palissage et à l'état sanitaire, afin de maintenir les plantes à leur meilleur niveau de confort.

(Infos-C.T.I.F.L., novembre 1988.)

Les photos illustrant cet article sont extraites de l'ouvrage

**MALADIES DE LA TOMATE**

## L'histoire de l'alimentation et de l'irrigation dans la région méditerranéenne

Dans le cadre de l'Université d'été euro-arabe qui a tenu sa troisième session à Bologne (Italie) du 16 juillet au 13 août, le Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes a organisé un atelier de deux journées consacré aux sciences et techniques agricoles.

Le C.I.H.E.A.M., organisme intergouvernemental qui groupe douze pays de la région Méditerranée, a pour mission d'élever le niveau des techniques agricoles des Etats membres par son activité d'enseignement et de coopération entre les équipes nationales de recherche.

La première journée a permis de donner un aperçu historique et culturel de l'alimentation de l'homme : organiser les productions, les régulariser et les transformer pour les consommateurs. Aux périodes d'économie pré-agricole, puis d'économie domestique, succèdent des circuits commerciaux qui font une place croissante à l'industrie alimentaire. L'amélioration de la répartition des ressources alimentaires accélère la production. L'évolution des rendements et les facteurs techniques qui y contribuent sont déclenchés par des incitations économiques. Les concentrations agro-industrielles se réalisent autant pour prendre des parts de marché que pour augmenter la capacité des outils de production.

La Méditerranée est un berceau de la domestication des animaux et de nombreuses plantes cultivées. Des exemples historiques qui prennent en compte les fréquentes disparités des rives nord et sud de la Méditerranée, ainsi que des cas concrets d'échanges commerciaux (Turquie, Maghreb), sont venus étayer les discussions.

La deuxième journée était consacrée à l'irrigation, essentielle dans le bassin méditerranéen, non seulement sous l'angle des travaux hydrauliques, mais surtout selon l'utilisation de l'eau pour les différents usages, en particulier agricoles.

M. Mustapha Al-Kady, ancien secrétaire d'Etat à l'Irrigation (Egypte), a été l'acteur et le témoin, depuis 40 ans des efforts de la politique égyptienne en matière d'irrigation. Il a rappelé les différentes étapes de la mobilisation de l'eau depuis 6.000 ans, qui vont des procédés rudimentaires au gigantesque barrage d'Assouan. La retenue ainsi créée de 500 kilomètres de long, a fait l'objet de vives discussions de nature écologique mais elle a permis à l'Egypte, jusqu'en 1987, d'ignorer le problème de la sécheresse qui sévit dans la région depuis une dizaine d'années.

L'irrigation implique une discipline collective pour la répartition de l'eau. Comme témoignage, le tribunal de Valence (Espagne), créé il y a 100 ans, sous l'occupation arabe, continue à fonctionner de nos jours selon des principes consolidés par la jurisprudence moderne espagnole. Beau modèle de continuité arabo-chrétienne!

Les problèmes économiques de la culture ont été évoqués avec leurs composantes : rive nord, rive sud, nord, la production augmente plus vite que la consommation, et l'irrigation accroît cette disparité. En revanche, la rive sud ne se rapproche de l'autosuffisance qu'au prix d'un immense effort d'irrigation, qui implique les financements à imaginer.

Les besoins en eau sont suscités non seulement par les productions agricoles mais aussi par la demande domestique industrielle et touristique. L'arbitrage doit s'effectuer selon des critères de rentabilité, des critères sociaux généraux, en fonction d'une politique nationale.

Le cas particulier de l'Egypte et du Soudan a été longuement traité. Dans ces pays où l'autosuffisance alimentaire ne dépasse pas 50%, l'essentiel des ressources en eau est déjà utilisé et que la production s'accroît de 2,6 % par an : l'avenir est inquiétant pour le proche où la population y atteindra cent millions d'habitants.

Dans toutes régions

# VITRERIE HORTICOLE

Tous vitrages  
Polycarbonate, PVC, etc.

Entretien et rénovation  
**NOUVEAU : Serres modernes et horticoles**  
Restauration de serres anciennes

## Roger HAGE

SPECIALISTE

(1) 45.69.37.23

B.P. n° 3 - 94440 VILLECLOU

Étanchéité par le masticage vous permet une économie d'énergie