ARTICLES ORIGINAUX
ORIGINAL ARTICLES

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS
ARTICULOS ORIGINALES

Les besoins en eau de la tomate sous serre à film polyéthylène en Tunisie

M. Hammami *, H. Verlodt **, N. Ennabli *** et C. Riou **

Résumé

La comparaison de deux variétés de tomates à croissance différente et cultivées toutes les deux en case lysimétrique a permis de constater que la consommation en eau paraît légèrement plus faible pour la variété à croissance déterminée.
En comparant les consommations en eau des tomates cultivées sur case lysimétrique avec celles cultivées en serre isolée dans laquelle l'évaluation du stock d'eau s'est faite par sonde à neutrons, nous avons constaté que les cases lysimétriques surestiment la consommation d'environ 15%.
La mesure journalière de la consommation en eau d'un gazon Kikuya cultivé en cage lysimétrique sous serre PE a permis d'exprimer l'ETPs en fonction du rayonnement global sous serre, tandis que la comparaison avec les consommations de la tomate nous a permis de fixer les paramètres culturaux en fonction des stades de développement de la tomate cultivée sous serre en Tunisie

Summary

Comparison of the water consumption of tomato hybrids with determinate and indeterminate growth and cultivated in lysimeters permitted to conclude that varieties with determinate growth have a smaller water consumption than the indeterminate ones.
Comparison of the water consumption of a tomato crop cultivated on a lysimeter with the water consumption of a tomato crop cultivated in a lateral isolated greenhouse, preventing lateral infiltration and with water stock control by neutron probe indicates a surestimation of the water consumption by the lysimeter method with about 15%.
Daily measuring of the water consumption of a Kikuya-grass cultivated on a lysimeter under PE greenhouse permitted to obtain the potential evapotranspiration in function of the global radiation under greenhouse, while comparison of the water consumption of the Kikuya-grass with the tomato crop allowed us to obtain the cultural parameters of this evapotranspiration in function of the stage of growth of a tomato crop.

1. Introduction

La plasticulture a connu une grande expansion ces dernières années en Tunisie. La conduite pratique des cultures est cependant restée assez traditionnelle, surtout en ce qui concerne l'alimentation en eau, conduisant à des gaspillages assez importants. La pluviométrie insuffisante, le problème des réserves dans les barrages, ainsi que le manque de résultats sur la détermination des besoins réels en eau sous serre en Tunisie, a poussé les techniciens à appliquer des formules établies ailleurs, autant pour dimensionner les réseaux d'irrigation sous serre, que pour calculer les besoins ponctuels des cultures.

L'objectif de cette publication est de déterminer avec plus de précision la consommation en eau d'une culture de tomate en fonction du rayonnement global Gr intercepté sous serre.

2. Matériel

Pour déterminer la consommation en eau, nous avons retenu la méthode du bilan hydrique, étant donné sa simplicité et le matériel dont on disposait. Par ailleurs cette méthode peut être appliquée sans restrictions.

L'essai a été conduit sur les parcelles expérimentales de l'INAT à Tunis.

Nous avons utilisé deux types variétaux de tomate, morphologiquement bien différents, notamment la variété H 63-4, à croissance déterminée et la variété H 63-5, à croissance indéterminée.

Notre expérience a été conduite d'une part sous serre isolée et d'autre part en cases lysimétriques sous serre. Les consommations en eau ont été comparées entre elles ainsi qu'avec un essai agronomique avec 4 doses différentes d'irrigation.

* Centre de Recherches de Génie Rural, ARIANA, Tunisie
** Département de phytotechnie, I.N.A.T. 43 av. Ch. Nicolle, 1002 Tunis.
*** Département de Génie Rural, I.N.A.T., 43 av. Ch. Nicolle, 1002 Tunis

La serre isolée de 96 m^2 (12 m sur 8 m) orientée est-ouest et couverte par un film en polyéthylène (PE) longue durée de 180 microns a été plantée avec les deux variétés de tomate mentionnées, en prenant soin de cultiver les variétés à croissance déterminée sur les 2 lignes de bordure. Pour empêcher la filtration et l'infiltration latérale, la parcelle a été isolée du reste du terrain tout le long de son périmètre par un film de PE normal de 100 microns et ceci sur une profondeur de 120 cm, profondeur jugée largement suffisante pour la culture de la tomate dont 90% des racines ne dépassent pas la profondeur de 50 cm. Deux tubes de sonde à neutrons y ont été implantés, l'un au niveau de la rampe d'arrosage localisée et l'autre juste au milieu entre deux rampes d'arrosage (dans l'allée).

Deux cases lysimétriques, couvrant chacune une superficie de 4 m^2, ont été installées dans une serre de 224 m^2 de surface (28 m sur 8 m) et orientée sud-est/nord-ouest. Le film de couverture est un PE longue durée de 180 microns, utilisé en deuxième année. Les deux cases sont identiques, la première a été plantée avec la variété H 63-4 et la deuxième a été plantée en tomates de la variété H 63-5.

Dans une troisième serre, orientée est-ouest, de 440 m^2 de surface (55 m sur 8 m), nous avons installé l'essai agronomique avec 4 doses d'irrigation. En fonction de l'évapotranspiration ETp du gazon irrigué sous serre, nous avons choisi des valeurs d'irrigation de 50, 75, 100 et 120% de l'évapotranspiration en serre isolée. Cet essai a aussi été conduit avec les deux variétés H 63-4 et H 63-5. Chaque parcelle élémentaire dans cette serre comportait deux lignes jumelées, dont chaque ligne était plantée par une variété différente.

La serre isolée et la serre comportant l'essai agronomique étaient alimentées en eau à l'aide d'un système d'irrigation goutte à goutte (Agrodrip) à circuit long avec un coefficient d'uniformité assez élevé (x = 0,8) L'installation comporte un tuyau d'approche branché sur un robinet de la SONEDE et alimentant une rampe Agrodrip en serpentin. Un volucompteur est monté à l'amont de la rampe. Etant donné la bonne qualité de l'eau, la filtration n'était pas nécessaire.

Les cases lysimétriques quant à elles ont été irriguées par arrosoir

3. Conduite des essais

La détermination de certaines caractéristiques physiques du sol était nécessaire afin de permettre une bonne conduite des essais, en particulier pour fixer la dose d'irrigation, afin de pouvoir maîtriser la percolation profonde et de permettre d'évaluer l'état d'humidité du sol. Les caractéristiques suivantes. densité apparente, porosité totale, perméabilité, etc... ont été déterminées au laboratoire sur des échantillons non remaniés, prélévés à la tarrière ou à la sonde sauf pour la courbe de pF, pour laquelle nous avons utilisé un échantillon broyé. Les échantillons ont été prélevés sur 1,20 m de profondeur par couches de 30 cm à raison de quatre échantillons par couche.

Dans la serre isolée et dans la serre à 2 cases lysimétriques la conduite de l'irrigation était telle que l'eau ne constituait pas un facteur limitant pour la plante.

Dans la serre isolée la percolation profonde constituant une deuxième contrainte avec laquelle il fallait tenir compte, la dose fournie à chaque irrigation était calculée en fonction des caractéristiques hydriques des couches prospectées par les racines de la plante. L'application de la méthode du bilan hydrique se limite à y suivre l'évolution du stock d'eau dans le sol. En fait la remontée capillaire est nulle, le niveau de la nappe d'eau libre étant profond (le niveau piézométrique du puits le plus proche est de 10 m), et le sol y a constamment été maintenu humide. Le problème se pose surtout dans la maîtrise de la percolation profonde. On a essayé de limiter au maximum les phénomènes de redistribution en gardant une humidité aussi constante que possible au niveau des couches inférieures (60-90 et 90-120 cm de profondeur). Ceci a impliqué des ajustements fréquents de la dose et de la période d'irrigation en fonction des fluctuations du stock d'eau dans le sol. Dans les cases lysimétriques, le moment de la fermeture du bilan pose un problème délicat, car on ne peut ni évaluer le stock, ni déceler l'arrêt du drainage avec précision. Au début on mesurait la quantité d'eau drainée chaque semaine (= période de mesure), un jour après la dernière irrigation de la même période et ceci sans tenir compte du reste de drainage. Cette méthode laisse supposer que la variation du stock entre deux mesures successives reste toujours nulle. Pour être plus exact on a essayé de tester avec précision cette méthode par un essai qui consiste à suivre l'évolution du débit de drainage avec le temps et ceci à partir de la fin de l'irrigation Nous avons fait deux essais sur chacune des cases. Bien que cette technique soit plus longue, elle aboutit à des résultats plus précis, mais le moment exact de l'arrêt du drainage reste toujours difficile à cerner.

4. Résultats

4.1. Caractéristiques physiques du sol

Nous avons constaté une augmentation sensible de la densité apparente du sol avec la profondeur et une augmentation en sens inverse de la porosité totale. Le tassement de plus en plus prononcé en profondeur est l'une des causes de ce phénomène.

Les courbes de pF ont montré une évolution de plus en plus aplatie, suivant que la couche correspondante est située plus en profondeur, c'est dire que la capacité d'emmagasinement est d'autant plus faible que la couche est profonde.

L'analyse de la perméabilité à la saturation dégage la faible possibilité de migration de l'eau dans les couches profondes, la couche superficielle étant approximativement neuf fois plus perméable que les couches plus profondes. La perméabilité en surface de 1,80 cm/h classe ce sol néanmoins parmi les sols peu à moyenne-

ment perméables, par contre sa valeur très faible en profondeur contribue à limiter le processus de redistribution au delà de l'épaisseur isolée, objectif recherché dans cette étude.

4.2. Consommation en eau

Sous serre isolée nous avons utilisé la formule:
ETRs = I — dS où·

ETRs = la consommation en eau au cours d'une période déterminée (en mm. évapotranspiration réelle);

I = la quantité totale d'eau fournie pendant la même période (en mm),

dS = la variation du stock du sol entre le début et la fin de la période. (en mm)

Ainsi à partir du profil d'humidité du sol, établi chaque semaine, il était facile de calculer la consommation d'eau au cours de la période déterminée. Cependant la redistribution peut devenir remarquable chaque fois que l'irrigation était abondante (dose élevée surtout) et elle devient négligeable si l'irrigation est bien conduite (dose plus faible mais adéquate). Pour les cases lysimétriques nous avons utilisé la formule: ETRs = I -D-dS où D = la quantité d'eau drainée pendant la période déterminée et mesurée un jour après la dernière irrigation. Cette méthode s'est révelée précise puisqu'en la comparant à deux reprises avec le drainage total, nous avons mis en évidence une erreur de 1,5% et de 0,3%. Ceci veut dire qu'en supposant le drainage nul un jour après la dernière irrigation, on commet une erreur maximale relative de 1,5%, ce qui est tout à fait négligeable. Le drainage journalier étant négligeable par rapport à l'ETRs, donc dS = O, on peut écrire : ETRs = I-D.

La consommation en eau de la tomate (ETR) a été comparée avec la consommation du gazon (ETo) Les données de l'ETo (évapotranspiration du gazon irrigué) ont été fournies par le Département de Bioclimatologie de l'INRAT, à partir de deux évapotranspiromètres, installés dans une serre à côté de la serre contenant nos 2 cases lysimétriques de tomate.

Dans le tableau n° 1 nous présentons les consommations périodiques de la tomate sous serre isolée et du gazon, ainsi que le coefficient cultural K pour la serre isolée (Ks)

Dans le tableau n° 2 nous présentons les résultats obtenus sur cases lysimétriques.

Les deux tableaux reflètent d'une façon générale un coefficient cultural K faible au début, augmentant progressivement avec l'âge de la plante et atteignant une valeur maximale au début de la récolte, stade durant lequel la culture de la tomate est très sensible à l'eau et auquel tout déséquilibre entre la demande en eau de l'atmosphère et l'alimentation par le sol, se manifeste par une chute de rendement.

Du tableau 2, il ressort également que durant toute la saison le coefficient cultural K_B de la case B, cultivée avec la variété à croissance indéterminée (H 63-5),

TABLEAU 1

Consommation en eau de la tomate sous serre isolée au cours des différents stades de croissance

Stade	Reprise-floraison 1° bouquet	Floraison 1° bouquet-floraison 2° bouquet	Floraison 2° bouquet-floraison 3° bouquet	Floraison 3° bouquet-floraison 4° bouquet	Floraison 4° bouquet-début récolte	Début récolte-fin récolte
Période	3/2-6/3	6/3-18/3	18/3-26/3	26/3-7/4	7/4-28/4	28/4-30/6
ETRs mm	17,33	10,53	14,73	17,51	60,60	211,80
ETo mm	33,60	16,12	15,25	18,87	46,48	179,61
Ks	0,52	0,65	0,97	1,04	1,30	1,18

TABLEAU 2

Evolution de la consommation en eau et du coefficient cultural dans les deux cases lysimétriques

Stade	Reprise floraison 1° bouquet	Floraison 1° bouquet-floraison 2° bouquet	Floraison 2° bouquet-floraison 3° bouquet	Floraison 3° bouquet-floraison 4° bouquet	Floraison 4° bouquet-début récolte	Début récolte-fin récolte
Période	24/1-28/2	28/2-14/3	14/3-24/3	24/3-31/3	31/3-21/4	21/4-23/6
ETR_A mm	24,25	12,50	19,50	18,75	55,20	186,58
ETR_B mm	32,33	12,80	19,00	19,50	56,42	190,83
ETR_O mm	39,02	15,74	16,48	13,50	38,15	178,17
K_A	0,62	0,79	1,18	1,39	1,44	1,05
K_B	0,82	0,82	1,16	1,45	1,48	1,07

Figure 1. Courbes de variations de l'ETRs en fonction du temps

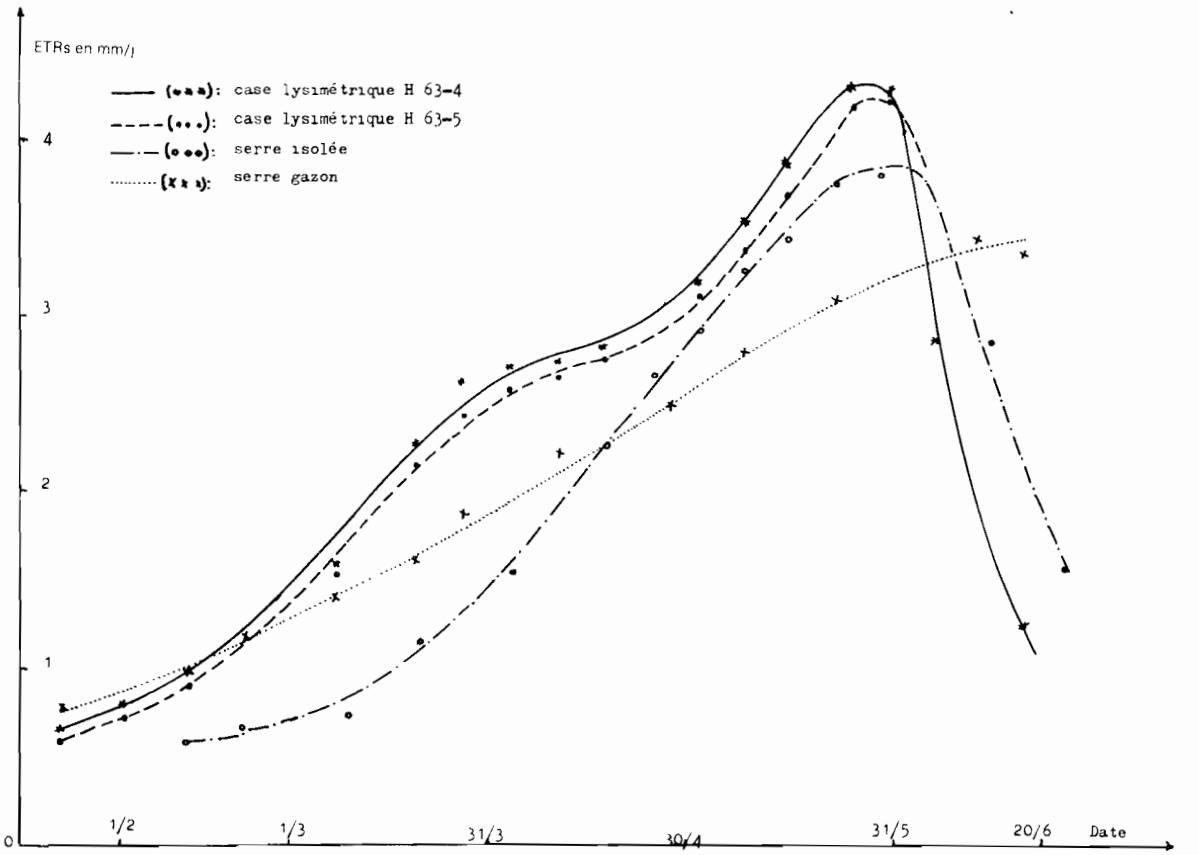
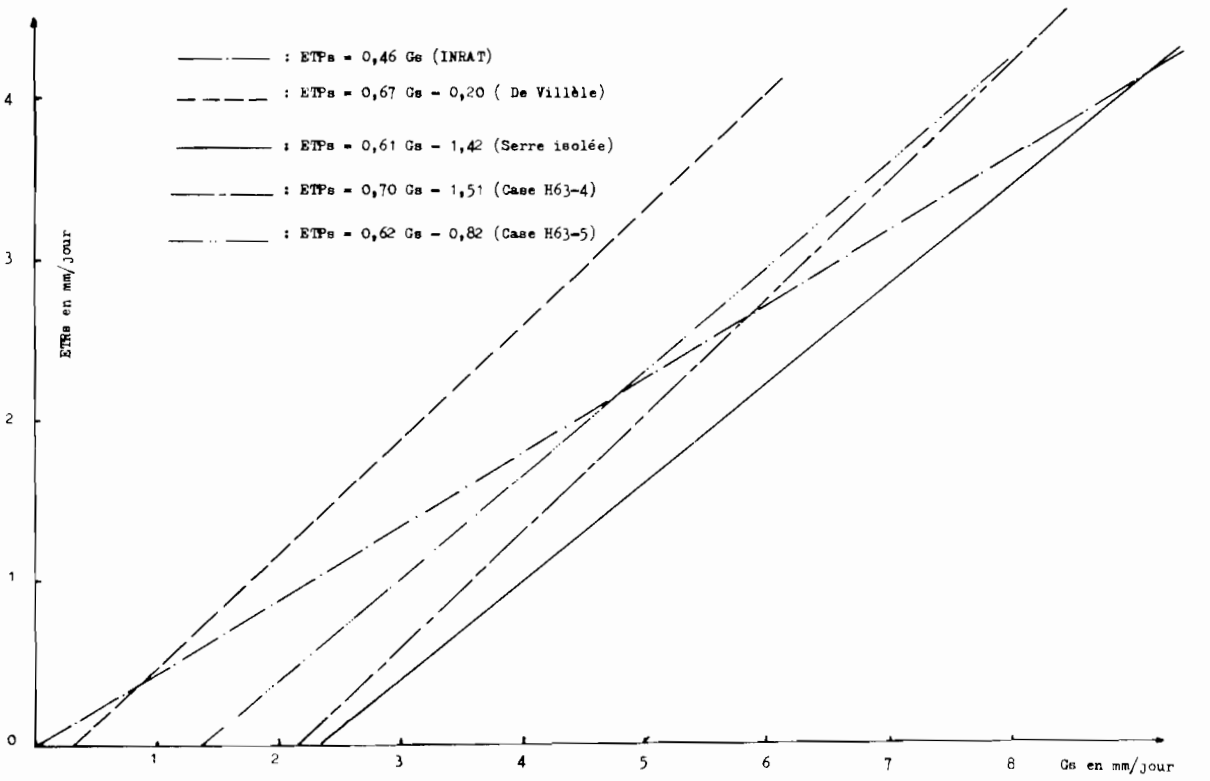


Figure 2. Comparaison des différentes formules



reste supérieur à K_A (coefficient cultural de la case A) cultivée avec la variété à croissance déterminée (H 63-4), ce qui dégage d'une façon claire l'effet du type variétal sur la consommation en eau. Ce résultat est en concordance avec les résultats obtenus en France (4).

La valeur moins élevée du coefficient cultural dans la serre isolée, par rapport à ceux obtenus en case lysimétrique, montre la faiblesse des cases lysimétriques à dimensions réduites (4 m^2), surtout pour des cultures fortement développées en hauteur, comme c'est le cas pour la tomate. Il faut noter également que sous serre isolée, nous avons irrigué par une rampe Agrodrip, en localisant donc les apports, alors que pour les cases nous avons mouillé chaque fois toute la surface, ce qui donne lieu à une évaporation plus importante.

Le grand écart entre l'ETR_A (consommation de la variété H 63-4) et l'ETR_B (consommation de la variété H 63-5) au début de la saison est vraisemblablement dû à une différence du stock d'eau initial dans ces deux cases, le stock de la case A étant supérieur à celui de la case B Les différences ultérieures constatées entre les deux cases mettent en évidence un effet variété sur la consommation en eau. Ceci est en concordance avec les résultats trouvés en France où les variétés à croissance déterminée ont été décrites comme consommant moins d'eau La figure n° 1 représentant les courbes de variation de l'ETR montre que la pente des courbes, correspondant aux cultures de tomate conduites en cases, diminue vers la fin mars pour augmenter de nouveau vers la fin avril, chose qu'on n'observe ni avec les résultats de la serre isolée, ni avec ceux de la serre gazon. Nous avons noté pendant cette période que le drainage dans les cases lysimétriques était nul à chaque fois, ce qui a dû limiter légèrement la consommation dans les cases. La surface limitée entre la courbe de la serre isolée et celle de la serre gazon est à peu près égale de part et d'autre de leur point d'intersection, donc la consommation cumulée pendant toute la saison dans la serre isolée est égale à celle du gazon durant la même période. Ce résultat est assez intéressant dans la pratique, car en effet il s'agit de connaître le coefficient cultural de la culture pour en déterminer à tout moment les besoins en eau

Les comparaisons des consommations en eau entre les cases lysimétriques d'une part et la serre isolée d'autre part, mettent en évidence une surestimation dans les cases lysimétriques. Cette surestimation est globalement de l'ordre de 15% au cours de l'ensemble de la période de culture, mais pour le stade 4° bouquet, du 24/3 au 31/3 elle atteint 30%. A la pleine récolte, nous enregistrons plutôt une sousestimation. Cette sousestimation est acceptable dans la mesure où nous avons obtenu au début de ce dernier stade une percolation par une irrigation trop importante, ce qui nous a fait surestimer la consommation à ce moment là.

En fonction de ces résultats il nous paraît possible d'avancer les paramètres culturaux suivants:

— de la reprise jusqu'à la floraison du 1° bouquet. 55% ETPs

— de la floraison du 1° bouquet à la floraison du 2° bouquet. 65% ETPs

— de la floraison du 2° bouquet à la floraison du 4° bouquet 100% ETPs

— de la floraison du 4° bouquet au début de la récolte. 130% ETPs

— du début jusqu'à la fin de la récolte. 110% ETPs.

4.3. Corrélation entre l'ETRs et le rayonnement global

Matériel et méthode

Les valeurs journalières du rayonnement global sous serre (Gs) ont été calculées en multipliant les données du rayonnement global à l'extérieur, fournies par la Station météorologique de Sidi Bou Saïd (située à environ 15 km de la parcelle), par le coefficient de transmission du film PE (nous avons pris la valeur moyenne de 0,70 et ceci en tenant compte des résultats obtenus par le Laboratoire de Bioclimatologie de l'INRAT (1) en ce qui concerne l'évolution de ce paramètre en fonction du temps)

Les valeurs de Gs (en cal/m^2/jour = L × Gs (mm/jour) où L = 586 cal/g) ont été ramenées aux valeurs moyennes journalières de l'ETRs.

Les corrélations entre ETRs et Gs observés et calculés dans nos essais sont présentées dans le tableau n° 3.

TABLEAU 3

Equations de régression entre l'ETRs et le rayonnement global sous serre dans la serre isolée et les 2 cases A et B

Parcelle	Serre isolée (1)	Case A. Variété H 63-4 (2)	Case B. Variété H 63-5 (3)
Equations	ETRs = 0,61 Gs −1,42	ETRs = 0,70 Gs −1,51	ETRs = 0,62 Gs −0,82
Coefficient de régression	0,906	0,976	0,973

Les valeurs de l'évapotranspiration sous serre (ETRs) et du rayonnement global moyen sous serre (Gs) sont exprimées en mm/jour. Les formules établies et présentées dans le tableau 3 sont des équations de droites (ETRs = a.Gs + b).

Dans la figure 2 nous présentons la comparaison entre les formules établies dans nos essais par rapport aux formules calculées par l'INRAT, celles de De Villèle (2) et de Balandran

Nous pouvons néanmoins constater que:

— la pente a est la même, ou presque, dans les équations (1) et (3) (0,61 et 0,62), cependant la

constante b chute de — 0,82 (3) à — 1,42 (1) Ceci s'explique par le fait que l'installation de la case B plus vers l'intérieur de la serre fait qu'elle bénéficie globalement du même microclimat que celui de la serre isolée et de plus on y retrouve le même couvert végétal. D'autre part la méthode de distribution de l'eau est nettement distincte dans les deux cas, ce qui peut expliquer que la constante b est plus faible dans le cas de la case par la suite d'un sol totalement mouillé en surface, contribuent ainsi à augmenter l'évaporation.

— la pente a est très différente dans les équations (1) et (2), (0,61 et 0,70), alors que la constante b varie peu. — 1,42 en (1) et — 1,51 en (2). Ceci provient du fait de l'exposition plus proche d'une porte au Sud, fait régner des paramètres climatiques plus sévères au niveau de la case A, mais surtout de l'influence variétale (croissance déterminée sur la case B).

A la suite de cette comparaison on peut déduire aussi que les formules établies à partir des résultats enregistrés dans les cases lysimétriques surestiment les besoins en eau de la culture sous serre. Nous constatons que les paramètres de nos formules divergent fortement de ceux qui ont été établis par l'INRAT et à Balandran dans le sens d'une surestimation.

4.4. Essai agronomique

L'essai agronomique avec quatre différentes doses d'irrigation a montré une influence non significative des 4 doses sur la croissance végétative en hauteur et en diamètre moyen de la tige de la plante, ainsi que sur le nombre de feuilles moyen par plante. Par contre nous constations une diminution significative de la longueur de la racine principale en fonction de l'augmentation de la dose d'irrigation. Les résultats de nos observations sur la croissance végétative de la plante concernant la variété H 63-5 sont présentés dans le tableau n° 4.

Par contre, en ce qui concerne le rendement, nous avons constaté une augmentation de la production totale avec une dose d'irrigation croissante, quoique les différences entre la dose 100 et 120% deviennent assez faibles. L'augmentation de la dose résulte surtout dans une amélioration du poids moyen des fruits, quoique non significative. L'influence des doses d'irrigation est beaucoup moins claire sur la récolte précoce, mais il semble que le poids moyen des fruits précoces augmente avec une dose plus faible, ce qui est en effet en concordance avec la pratique: une faible irrigation en début de la culture et au moment de la nouaison favorise la mise à fruit et peut résulter ainsi dans un meilleur calibre des fruits, à condition que l'eau ne soit pas un facteur de limitation. Cet essai semble donc confirmer les résultats des cases lysimétriques en ce sens que le meilleur rendement est obtenu avec 120% (dose serre isolée), soit environ 130% ETR serre.

TABLEAU 4

Effet de la quantité d'eau sur le développement végétatif de la culture de tomate variété (H 63-5) 135 jours après plantation

Dose	Nombre de feuilles par plante	Diamètre moyen de la tige (en mm)	Hauteur de la plante (cm)	Longueur de la racine principale (en cm)
50% ETRsi	12,6	11,5	114	46 a
75% ETRsi	13,2	12,3	112	40 ab
100% ETRsi	12,4	11,6	111	34 bc
120% ETRsi	12,2	11,3	108	32 c
ppds 5%	2,0	1,1	17	8

5. Conclusion

La comparaison de nos résultats avec les résultats trouvés ailleurs nous permet de constater que toutes les recherches ont abouti au même type d'équation entre le rayonnement global solaire sous serre (Gs) et l'évapotranspiration sous serre (ETRs).

Au Centre de Recherches Agronomiques d'Avignon, De Villèle (2) a établi l'équation ETPs = 0,67 Gs – 0,2 et ceci pour un lysimètre couvert de gazon sous serre PE. A la Station de Balandran de l'INVUFLEC on a établi pour une culture de tomate (variété H 63 – 5) sous serre vitrée, l'équation ETMs = 0,67 Gs – 0,28 (2, 3). Au département de Bioclimatologie de l'INRAT on a formulé, à partir des résultats de deux évapotranspiromètres de gazon sous serre, l'équation ETPs = 0,46 Gs. Cette dernière formule se rapproche très fortement de la formule établie par Riou (1972) dans la région de Brazzaville en extérieur (ETPe = 0,45 G).

De la comparaison de nos résultats de consommation avec ceux de la formule de De Villèle (2) et de l'INRAT (1) nous constatons que la formule de De Villèle surestime les besoins en eau sous serre pour la Tunisie. La comparaison de la formule de Balandran nous montre également une surestimation

Par contre la comparaison entre la formule de l'INRAT et celle établie sur la serre isolée permet de constater que les écarts diminuent en fonction de l'augmentation de Gs, c'est-à-dire au fur et à mesure que la culture de tomate devient de plus en plus couvrante.

Au vu de nos résultats la détermination des besoins en eau de la culture de la tomate sous serre s'avère maintenant facile, tout au moins dans la région de Tunis. Il suffit de disposer des données du rayonnement global à l'extérieur, mesuré à la Station météo de Sidi Bou Saïd, pour calculer l'ETPs avec la formule de l'INRAT, le coefficient de transmission du film plastique étant connu. Cette formule serait encore plus significative si les valeurs journalières du rayonnement global étaient prises effectivement sous serre, afin d'éviter les petites erreurs qui peuvent être introduites par la

variation du coefficient de transmission du film en fonction du temps et suivant les saisons.

Nous plaidons donc en faveur de la prise en considération du rayonnement global solaire comme donnée météorologique, susceptible d'être radiodiffusée, comme le sont d'ailleurs les températures et la pluviométrie. A ce moment, moyennant la confirmation ou l'adaptation régionale de la formule proposée et des paramètres culturaux, chaque agriculteur averti pourrait alors irriguer sa culture de tomate, et ultérieurement aussi les autres cultures avec la quantité d'eau nécessaire, sans gaspillage de ce facteur très important pour la production.

L'utilisation d'une vanne solaire programmable pourrait dans le futur simplifier encore davantage l'irrigation suivant la demande de la plante.

TABLEAU 5

Effet de la quantité d'eau sur le rendement et le poids moyen d'une culture de tomate (variété H 63-5)

Dose	Récolte précoce (au 15/5)		Récolte au 15/6 Production totale	
	Rendement en g/m²	Poids moyen en g	Rendement en g/m²	Poids moyen en g.
50% ETRsi	3.792	77,6	7.101	60,6
75% ETRsi	3.193	72,9	7.746	67,0
100% ETRsi	4.301	65,7	8.145	63,6
120% ETRsi	3.243	50,0	8.294	69,2
ppds 5%	272	19,5	145	19,8

Bibliographie

1. Benzarti J. et Riou C. (1982). — Etude expérimentale de l'évapotranspiration potentielle sous serre en climat semi aride — Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie **55**, 1, 1-24.
2. De Villèle O (1972). — Besoins en eau des cultures maraîchères sous serre Essai de conduite de l'irrigation en fonction du rayonnement global solaire — Acta Horticulturae **35** ...
3. Musard M. et al. (1975). — Les besoins en eau de la tomate de marché et la conduite de l'irrigation — La Tomate. Document INVUFLEC, 125-147
4. Musard M. et Dupuy M. (1972). — Etude des besoins en eau de la tomate de printemps sous serre à l'aide de cases lysimétriques — PHM, mai 1972, **127** ...
5. Riou C. (1972). — Etude de l'évaporation en Afrique Centrale. Contribution à la connaissance des climats — Thèse de doctorat ès-sciences physiques. Université de Paris VI.

Hammami M., Ingénieur principal, centre de Recherche de Génie Rural
Verlodt H., Maître-assistant, chargé de cours, Laboratoire de Cultures maraîchères
Ennabli N., Maître de Conférences, département de Génie Rural.
Riou C., Maître de Conférences, laboratoire de Biochimatologie.