

Productivité de l'eau en culture de tomate de saison sèche en zone sahélienne du Mali

Daba Coulibaly¹, Drissa Diallo², Diadiè Dembelé³

¹Ecole Nationale d'Ingénieurs –Abderhamane Baba Touré, Bamako

²Institut Polytechnique Rural de Katibougou, Koulikoro Mali

³ Centre Régional de Recherche Agronomique de Niono/IER

RESUME : L'augmentation croissante de la population mondiale, annoncée au taux de 65% dans les 50 prochaines années ; le contexte de variabilité et de changement climatiques ; l'agriculture extensive en déficit de satisfaction de la demande en nourriture planétaire, faisant déjà consommer le secteur agricole 70% de l'eau du monde, justifient le débat sur la problématique de l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation et de la productivité de l'eau. Au sahel, d'importants efforts restent à faire pour la mise en évidence et la vulgarisation de technologies d'irrigation permettant l'amélioration de l'usage agricole de l'eau. Dans ce contexte, la présente étude a été réalisée sur la tomate avec comme objectif principal le calcul d'indices d'efficacité de la productivité de l'eau. Des essais ont été conduits sur des parcelles expérimentales (33 m² par parcelle) avec 6 traitements (T1 à T6) et des observations parallèles ont été faites en lysimètre non pesage. T1 (AM-SF: arrosage manuel sans fertilisation) ; T2 (AM+F1 : arrosage manuel + fertilisation minérale, 90N-180P-180K); T3 (AM+F2 : arrosage manuel + fertilisation minérale, 123N-138P-180K) ; T4 (KIT-SF : Horticulture Easy Drip Kit de 100 m², sans fertilisation) ; T5 (KIT+F1 : Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² + fertilisation minérale, 90N-180P-180K); T6 (KIT+F1: Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² + fertilisation minérale, 123N-138P-180K). Sur les 114 jours de cycle en champ de la tomate, 15 récoltes au total ont été faites sur les parcelles contre 3 seulement en lysimètre. L'analyse statistique des rendements en tomate, avec SPSS 20, montre des différences significatives entre les traitements. Les meilleurs rendements sont obtenus avec les Traitement T6 et T5 et le plus faible rendement est enregistré avec le traitement T1. La meilleure productivité de l'eau est obtenue avec les Traitements T6 et T5 et la plus faible productivité avec le traitement T1.

Mots clés : arrosage manuel, irrigation goutte à goutte, Mali, indice d'efficacité de l'eau, culture de tomate.

SUMMARY: The increasing world population, announced at the rate of 65% in the next 50 years; the context of variability and climate change; extensive agriculture in deficit satisfaction of demand for global food, making already consume the agricultural sector 70% of the world's water, warrant debate on the issue of improving the efficiency of the use and the productivity of water. The Sahel, major efforts are still needed for the demonstration and extension of irrigation technologies to improve agricultural water use. In this context, this study was performed on the tomato with the main objective of the index calculation efficiency of water productivity. Tests were conducted on experimental plots (33 m² per plot) with 6 treatments (T1 to T6) and parallel observations were made in not weighing lysimeter. T1 (AM-SF: Manual watering without fertilization); T2 (AM + F1: + manual watering mineral fertilizer, 90N-180P-180K); T3 (AM + F2: manual watering + mineral fertilization, 123N-138p-180K); T4 (KIT-SF: Horticulture Drip Kit Easy 100 m², without fertilization); T5 (KIT + F1: Horticulture Drip Kit Easy 100 m² + mineral fertilization, 90N-180P-180K); T6 (KIT + F1: Horticulture Drip Kit Easy 100 m² + mineral fertilization, 123N-138p-180K). Of the 114 days cycle in field tomatoes, 15 crops in total were made on plots against only 3 on lysimeter. Statistical analysis of tomato yields, with SPSS 20, shows significant differences between treatments. The best yields were obtained with the treatment T6 and T5 and the lowest yield was recorded with the T1 treatment. The best water productivity is achieved with the treatments T6 and T5 and the lower productivity with the T1 treatment.

Keywords: hand watering, drip irrigation, Mali, efficiency index of water, tomato crop

1. INTRODUCTION

La terre fertile et l'eau fraîche, deux des ressources agricoles les plus fondamentales et la forte croissance de la population mondiale (65% en 2050) (Wallace, J.S. (2000)); la forte consommation d'eau dans le secteur agricole (70% de l'eau mondiale) (Bugbee and Salisbury, 1988) ; une augmentation potentielle de la variabilité climatique future et une réduction de rendements dans certaines cultures (Rowhani et al., 2011) ; nourrissent le débat sur la problématique de l'amélioration de l'efficience de l'utilisation et de la productivité de l'eau (Wallace, J.S. (2000); Rashidi and Gholami, 2008). Pendant ce temps, il est largement reconnu que dans les pays au sud du Sahara, le développement de l'irrigation efficace est devenu plus nécessaire qu'avant (Kadigi et al, 2012). L'irrigation ne doit pas être traitée de façon isolées, mais comme un aspect du complexe problème du développement agricole et de gestion durable des ressources naturelles et de l'environnement. Les stratégies à mettre en place dans les régions sahéennes doivent largement tenir compte de la faible disponibilité de l'eau. Dans ce cas, il est nécessaire d'insister sur la maximisation et l'optimisation de la productivité de l'eau. Cet objectif, pouvant être atteint par la disponibilité de technologies, reste buté aux manques d'informations sur le sujet dans le contexte sahéen. Au Mali, le maraîchage de contre saison, est une source de revenus complémentaires et un facteur d'amélioration de l'alimentation. Dans ce maraîchage, on note une nette prépondérance de l'arrosage manuel, avec de fortes consommations d'eau, 40 à 60 % par rapport à l'irrigation goutte à goutte (Daba, 2011). Parmi les cultures maraîchères pratiquées au Mali, la tomate, occupe depuis longtemps une place importante. Sa production mérite d'être fortement soutenue pour faire face aux besoins nouveaux, nés de l'augmentation de la population et de l'urbanisation. Cela est pris en compte par la politique nationale de diversification agricole et la multiplication des périmètres irrigués. Au Mali la culture de la tomate se pratique en trois périodes distinctes : l'hivernage (juin à septembre dite période difficile), la saison sèche froide (octobre à janvier dite période propice) et la saison sèche et chaude (février à mai dite période très difficile). C'est pendant la saison sèche que le problème d'eau se pose de façon sévère. Dans le contexte actuel, des études soutenues par l'agenda du projet RAF/5071 (AIEA), visent l'évaluation précise de l'utilisation des ressources en eau dans l'agriculture sahéenne. Le présent article porte sur des résultats expérimentaux obtenus dans ce cadre. D'où, la présente étude, qui se propose en station, de calculer et de comparer les efficacités de la

productivité de l'eau en culture de tomate, sous irrigation goutte à goutte et l'arrosage manuel et suivant l'observation sur une case lysimétrique de non pesage.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site de l'étude

L'étude a été conduite à l'Université de Ségou, en zone sahéenne du Mali, de coordonnées : 13°24' Nord – 6°09' Ouest. Le climat, est du type sahéen tropical semi-aride, à nuance soudano-sahéenne entre les isohyètes 700 à 500mm. Les vents de vitesse moyenne à faible sont marqués par l'harmattan soufflant du Nord-Est au Sud-Ouest en saison sèche et la mousson, soufflant du Sud-Ouest au Nord-Est en saison de pluies. Les températures, sur la période 1985-2007 sont caractérisées par deux minima de 24,19°C à 29,14°C sur Novembre à Février et de 27,38°C et 30,03°C de Juillet à la 1^{ère} décennie d'Octobre ; et deux maxima de 30,66°C à 36,42 °C et couvre les mois de Mars à Juin et de 30,37 à 32,94°C sur les deux dernières décennies du mois d'Octobre. L'humidité relative sur la période 1985-2007, présente en moyenne 21,39% à la 3^{ème} décennie de Février et 78,51% comme maximum à la 1^{ère} décennie de Septembre (Coulibaly, 2011).

Le sol est profond. Sa texture, d'après le triangle USDA, est limono-sableuse en surface et limoneuse fine à limono fine argileuse dans les horizons sous-jacents.

Tableau 1 : Caractéristiques des sols

Caractéristique		Profondeurs sol (cm)			
		0- 20	20 – 40	70-70	70-110
Granulométrie	A%	11,82	14,24	16,74	20,72
	L%	54,19	65,88	65,64	62,09
	S%	34,00	19,89	17,63	17,18
	Classe Texturale	LS	LF	LF	LFA
Matière organique	% C	0,25	0,26	0,25	0,18
	%MO	0,45	0,44	0,40	0,38
pH	pH eau	5,46	5,05	5,13	5,80
	pH Kcl	4,87	4,52	4,53	3,01
	ΔpH	0,59	0,53	0,60	2,81

2.2. Matériel végétal et technique

2.2.1 Matériel végétal

La tomate Rio Grande, Lycopersicon Lycopersicum (L.) Karsten Ex. Farw, a été choisie pour cette expérimentation. Cette variété, inscrite au catalogue européen produit des fruits de taille

moyenne. Elle est adaptée aux températures extrêmes.

2.2.2. Matériel technique

Pour l'arrosage manuel, un arrosoir de 10 litres a été utilisé. L'outil « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » à basse pression, a été utilisé pour l'arrosage au goutte à goutte. Le dispositif d'arrosage goutte à goutte compte un réservoir en fût métallique de 200 litres, posé à l'horizontale à 0,6 m au-dessus du sol et un réseau de tuyau en polyéthylène noir, composé de l'amont à l'aval d'un filtre, d'une porte rampe de 14 m de long et 16,4 mm de diamètre, de 5 rampes de 10 m de long et 12,8 mm de diamètre chacune. Chaque rampe alimente 15 paires de goutteurs, soit un total de 30 goutteurs par rampe et 150 goutteurs pour les cinq rampes. Les goutteurs sont à circuit long de 0,6 m de long et 1 mm de diamètre. Le réseau fonctionne avec des débits en route et nul à l'extrémité. Malgré que « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » ne réponde pas parfaitement aux normes d'un matériel goutte à goutte, sa simplicité en fait un matériel adapté aux conditions des petits producteurs sahéliens (Coulibaly et Diallo, 2012).

Une « case lysimétrique » a permis de faire des observations. Elle a été fabriquée en tôle noire et posée au centre des parcelles expérimentales.

2.3. Méthodes

2.3.1 Dispositif expérimental et conduite des essais

Le dispositif expérimental comprend 6 traitements, notés T1 à T6 :

T1 (AM-SF); T2 (AM + F1); T3 (AM + F2); T4 (KIT-SF); T5 (KIT + F1); T6 (KIT + F2)

AM: arrosage manuel ; KIT: Horticulture Easy Drip Kit de 100 m²

SF : sans fertilisation

F1 : fertilisation minérale, 90N- 180 P-180 K;

F2: fertilisation minérale, 123 N-138 P-180 K

La superficie de la parcelle expérimentale est de 33 m². Une case lysimétrique a été placée en observation. Il est de type de non-pesage, rempli de sol remanié, directement prélevé sur place. Son niveau affleure le sol et il est placé au milieu des parcelles expérimentales. A la plantation, les apports de phosphore et de potasse ont été faits en totalité comme fumure de fond, en même temps que 30 t.ha⁻¹ de fumier décomposé. L'azote a été apporté en deux temps (50% à la levée et 50% à la fructification). Les plants ont été produits en pépinière où l'apport d'eau est fait par arrosage manuel à l'arrosoir, matin et soir. Les plants ont été repiqués au 44^{ème} jour de vie en pépinière, sur les parcelles expérimentales et dans le lysimètre à la densité uniforme de 1,5 plant m⁻². Les observations ont porté sur les fréquences et les volumes de l'eau

apportée. Toutes les opérations culturales par ailleurs sont identiques.

2.3.2 Calcul de la productivité de l'eau

De nombreux travaux ont été conduits sur la productivité de l'eau en irrigation (Rashidi and Gholami, 2008 ; Kambou et al, 2014). Plusieurs formules ont été proposées et celle retenue ici est présentée ci-dessous :

$$I_e = \frac{P}{U}$$

Où

I_e : Indice d'efficacité

P : Production végétale (rendement)

U = volume d'eau appliqué

Le volume d'eau appliqué est la somme des volumes d'eau perdu par : -(i) ruissellement ; -(ii) percolation profonde (zone racinaire) ; -(iii) évaporation/infiltration pendant le transport (canaux à ciel ouvert) ; -(iv) évaporation de la surface du sol des cultures ; (v) transpiration des adventices, et ; -(vi) transpiration des plantes cultivées. Dans les conditions de cette étude, les facteurs (i) et (iii) sont sans objet. Les autres facteurs sont tous intégrés dans le volume d'eau apporté aux cultures.

2.3.3 Traitement des données

Les données obtenues ont été saisies avec l'Excel et l'analyse de la variance a été faite avec SPSS20.

3. RESULTATS

3.1 Production de tomate

Les premières récoltes de tomate sur les parcelles ont été effectuées le 17^{ème} jour du repiquage et les dernières le 107^{ème} jour. Sur les 114 jours de cycle en champ de la tomate, 15 récoltes au total ont été faites sur les parcelles contre 3 seulement en lysimètre. Elle a progressivement augmenté de la première à la onzième récolte, quel que soit le traitement. Par la suite la production a régressé jusqu'à la quinzième récolte. Les rendements en tomate sont présentés au tableau2. L'analyse de variance avec SPSS 20 montre des différences significatives entre les traitements au seuil de $\alpha = 0.05$ ($F = 752,208$; ddl = 17 ; $p = 0,001$). Le test de Tukey a permis de distinguer 5 classes de rendements (Tableau2). On note que les meilleurs rendements sont obtenus avec les Traitements T6 et T5 qui sont équivalents. Le plus faible rendement est observé avec le traitement T1, c'est à dire l'arrosage manuel sans fertilisation. En arrosage manuel, la formule de fertilisation permet une différenciation des rendements (T2 et T3).

Tableau 2: Variabilité du rendement de la tomate (t.ha⁻¹)

Traitements	Rendement moyen	Ecart-type	Classes
-------------	-----------------	------------	---------

T1	10,153	0,676	E
T2	42,743	1,548	B
T3	38,017	1,219	C
T4	22,407	0,764	D
T5	60,917	2,199	A
T6	63,370	0,861	A
Total	39,601	19,710	

3.2 Productivité de l'eau en culture de tomate

Les valeurs moyennes de productivité de l'eau sont données au tableau 3. L'analyse de la variance avec SPSS 20 indique qu'il y a des différences significatives entre certains traitements au seuil de $\alpha = 0.05$ ($F = 932,532$; $ddl = 17$; $p = 0,001$). Le test de Tukey montre 4 classes qui sont T6 et T5 (respectivement KIT + F1 et KIT+F2) ; T2 et T3 (respectivement AM+F1 et AM+F2) ; T4 (KIT-SF) et enfin T1 (AM-SF). La meilleure productivité de l'eau est obtenue avec les Traitements T6 et T5 et la plus faible productivité avec le traitement T1. Une comparaison entre arrosage manuel + fertilisation (T2 et T3) et KIT sans fertilisation (T4) montre un faible niveau de productivité de l'eau avec le dernier traitement.

Tableau 3: Variabilité de l'indice de productivité de l'eau (kg.m^{-3})

Traitement	Valeurs moyennes de l'indice de productivité de l'eau (I_e)	Ecart-type	Classes
T1	1,077	0,070	D
T2	4,520	0,165	B
T3	4,023	0,129	B
T4	3,303	0,116	C
T5	8,927	0,358	A
T6	9,340	0,128	A
Total	5,198	3,076	

4. DISCUSSION

4.1 Variabilité du rendement de la tomate en fonction des traitements

Les meilleurs rendements de la tomate avec le KIT + Fertilisation s'expliquent par la combinaison des effets positifs de la bonne irrigation et de la fertilisation. Le manque de différence significative entre les deux formules de fertilisation utilisées, F1 (formule proposée par l'IER, Institut d'Economie Rurale du Mali) et F2 (formule proposée par CDH, Centre pour le Développement de l'Horticulture, Sénégal) peut attester la faible différence entre les deux doses d'engrais, qui n'ont pas montrées une différence. Dans tous les cas, avec la fertilisation ou sans la fertilisation, l'augmentation de la production de tomate avec l'irrigation goutte à goutte par rapport à l'arrosage manuel est nette. Cela confirme les résultats initialement obtenus au cours d'un suivi de maraichers traditionnels dans le cercle de San (Daba et al, 2009).

4.2 Variabilité de la productivité de l'eau en culture de tomate.

La forte variabilité de la productivité de l'eau en culture de tomate, notée dans cette étude, confirme les résultats présentés par Rashidi et al (2008) à partir de nombreux travaux réalisés en Iran. Selon ces auteurs, la variabilité de la productivité de l'eau s'explique par de nombreux facteurs dont le contexte climatique et le mode d'irrigation. La nette supériorité de la productivité de l'eau avec le KIT, atteste l'utilisation rationnelle de l'eau dans cette pratique.

6. CONCLUSION

La comparaison de l'arrosage manuel et de l'irrigation goutte à goutte avec le KIT a montré que le deuxième mode d'apport de l'eau permet une nette amélioration du rendement de la tomate et de la productivité de l'eau. L'efficacité de l'irrigation goutte à goutte s'améliore nettement avec l'application de NPK avec deux doses (respectivement 90N- 180 P-180 K et 123 N-138 P-180 K). Si ces doses ne montrent pas de différence significative en irrigation goutte à goutte, elles donnent des rendements différents, mais la même productivité de l'eau en arrosage manuel. Une évaluation économique reste à faire pour une comparaison poussée des traitements testés dans la présente étude.

7. REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de l'appui de l'AEA (Agence Internationale pour l'Energie Atomique), à travers le projet TC RAF/5071. Nous remercions l'équipe chargée de la gestion de ce projet au siège de l'AIEA à Vienne et au Mali.

8. REFERENCES

- [1] Wallace, J.S. (2000) Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agriculture Ecosystems & Environment* 82, 105-119
- [2] Rowhani, P., D.B. Lobell, M. Linderman, and N. Ramankutty (2011) Climate variability and crop production in Tanzania. *Agricultural and Forest Meteorology*, pp. 449–460.
- [3] Bugbee B.G. and Salisbury, F.B. (1988) Exploring the Limits of Crop Productivity: I. Photosynthetic Efficiency of Wheat in High Irradiance Environments. *Plant Physiol.* 88, 869-878.
- [4] Kambou D., Xanthoulis D., Ouattara K., Degré A. (2014). Concepts d'efficience et productivité de l'eau (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18 (1), 108-120
- [5] Coulibaly D., 2011. Irrigation goutte à goutte avec « Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » : adaptabilité et impact sur la production maraîchère en milieu paysan dans la zone sahélienne de San. Thèse de doctorat de l'Université de Bamako Mali, 96p.
- [6] Coulibaly D., M'Baye B., Diallo D., 2009. Irrigation goutte à goutte en production paysanne de concombre dans un environnement pédoclimatique sahélien du mali (cercle de San). *Revue Malienne de Science et Technologie.* 11, 95-104
- [7] Coulibaly D et Diallo D (2012). Control of Horticulture Easy Drip Kit de 100 m² » hydraulic characteristics for micro irrigation in Mali. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA):* vol2, Issue6, pp 1549-1553
- [8] Rashidi M. and Gholami. M (2008). Review of Crop Water Productivity Values for Tomato, Potato, Melon, Watermelon and Cantaloupe in Iran. *Int. J. Agric. Biol.*, 10-4-432-436
- [9] Kadigi MJ.R, Girmay T., Bizoza A., Zinabou G. (2012). Irrigation and water use efficiency in Sub-Saharan Africa. Briefing Paper Number 4. GDN Agriculture Policy Series