

AMELIORATION DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION GRAVITAIRE TRADITIONNELLE PAR MICRO RAIES EN ALGERIE

CHABACA M.N ⁽¹⁾ et MESSAHEL M. ⁽²⁾

(1) INA Département du Génie Rural El Harrach Alger

Mail : m.chabaca@univ-alger.dz

(2) ENSH Soumâa, Blic a Mail : messahelmekki@yahoo.fr

RESUME

En Algérie, des modes d'irrigation séculaires, fonctionnent encore à ce jour (foggaras, séguias, cèds, puits, balanciers, épandage des eaux de crues). Ils côtoient maintenant des techniques modernes, plus performantes comme l'aspersion et l'irrigation localisée.

En 1962, il y avait 165 000 ha de terres irriguées, aujourd'hui on est à 620 687 ha. Par rapport à cette croissance de superficie importante mais encore insuffisante, le problème qui se pose aujourd'hui c'est la gestion rationnelle de l'irrigation.

La pratique dominante à ce jour, c'est l'irrigation gravitaire traditionnelle par micros-raie (60% des superficies irriguées). Elle ne peut être réellement efficace dans l'état actuel de sa gestion. Elle nécessite des mesures d'amélioration, de son efficacité, de la durée du travail, de la consommation en eau tout en maintenant un faible investissement.

Le contexte climatique, sociale et juridique actuel est complexe : statut juridique des terres, insuffisance des ressources en eau, population agricole vieillissante et analphabète à plus de 60%. Il faudrait opérer un changement progressif de ce mode d'irrigation faute d'encadrement d'accompagnement, en passant par l'amélioration des micro-raies de longueur de 5 à 10 m, vers des raies courtes de longueur 30 à 60 m puis à moyen terme moderniser progressivement avec des raies longues de 100 à 500 m. Dans ce sens, nous avons mené des essais d'irrigation sur raie de 30 et 60m avec différents débits d'attaque. Les données obtenues ont fait l'objet d'analyses par les méthodes ADELIV (Renault, Cemagref) et SCS (USD Américain).

Mots clés : irrigation gravitaire, micro raies, raies courtes, efficacité, gestion

تحسين تطبيق السقي الانجابي التقليدي عن طريق آخا دين مصغرة في الجزائر

ملخص

مازالت هناك في الجزائر طرق السقي تعود للعهود القديمة يعمل بها إلى يومنا هذا مثل فقارة و CEDS و SEGUIAS و الأبار الأروقة و تفرش مياه الفيضانات ... و مسايرون اليوم تقنيات حديثة و ذات ناتج كبيرة مثل النضج و السقي المطلي.

في سنة 1962 كانت هناك 165000 هكتار من الأراضي المسقية أما اليوم فالمساحة تتدرب ب 620687 هكتار بالنظر إلى هذا النمو في هذه المساحة الهامة و التي مازالت غير كافية فاعن المشاكل المطروحة تتمثل في التسيير العقلاني لماء عن طريق تحسين تقنيات اسقي و إرشادها.

أن التطبيق الغالب و الأكثر استهلاكاً للماء هو السقي الانجابي التقليدي عن طريق الآخايد المصغرة 60/ من المساحات . لا يمكن أن يكون له أي تأثير بالنظر إلى تسيير الحالي و هو يتطلب إجراءات تحسين حتى نخفض من مشقة العمل

و الاستهلاك من الماء مع الإبقاء على الاستثمار المعتدني. يعتبر المسار المناخي و الاجتماعي و القانوني الحالي جد معقد . النظام القانوني للأراضي و نقص في مصادر المياه و مجتمع زراعي هرم وامي أكثر من 60/ . يجب أحداث تغيرات تدريجية لهذا النوع من السقي و مروراً بتحسين الآخايد المصغرة من 5 إلى 10 م و باتجاه اخاديبي قصيرة 30 إلى 60 م .

و في المدى المتوسط التحديث التدريجي بواسطة أخايد طويلة 100 إلى 500 م. و هذا الاتجاه قمنا ببعض تجارب السقي على الآخايد ل 30 و 60 م مع مختلف التصريفات الدفعية المعطيات المحصل عليها كانت محل تحاليل عن طريق طرق (USD AMERICAIN RENAULT CEMAGREF ADELIN)

كلمات مفاتيح : السقي الإنجابي. بحادين مصغرة. الحادين قصيرة. تأثير. تسيير .

IMPROVEMENT OF THE PRACTICE OF THE TRADITIONAL GRAVITATING IRRIGATION BY MICRO LINES IN ALGERIA

ABSTRACT

The use of irrigation in Algeria is very ancient as borne out by relics of the Roman Age (basins, aqueducts...) Century-old models of irrigation are still functioning nowadays (foggaras, seguias, ceds, wells, pendulums, sewage of flood water...). At present, they are used beside some modern techniques more efficient such as aspersion or localized irrigation.

Nowadays, irrigated lands account for 620 687 hectares compared with the 165 000 hectares in 1962. As regards to this important increase of areas but still insufficient, the problems that are now faced, are the rational management of water through an improvement of irrigation techniques and their control. In Algeria, only 4% of UAS are irrigated. This is due to a lack of water. Agriculture receives the lowest part of water resources because of a chronic hydric deficit. Moreover, the adduction towards perimeters as well as a badly connected distribution system are the causes of a loss of more than 50% of the allotted water.

It seems logical that an efficient irrigated farming seeks for an improvement of existing practices (increased efficiency, less labour, reasonable investments). These improvements are subjected to different farming systems (social and economic). The prevailing practice which uses large amounts of water is traditional gravitary irrigation by micro-lines (60% of the total area). It is distributed on all irrigated lands in the North and in the South of the country. Its current management is hardly sufficient. It needs improvement measures to reduce work (hardness, water consumption) while maintaining a slow investment.

The present climatic, social and legal context is complex: legal status of lands, lack of water resources, ageing farming population and illiterate to more than 60%.

Therefor, it seems necessary to steadily change this irrigation mode since there is no accompanying framework, shifting from the improvement of 5-10 m micro-lines towards short lines (30-60 m) and then, progressively modernizing it with long lines (100-500 m) in the medium term.

To this purpose, we have conducted tests of irrigation on lines of 30 and 60 m with different debits of strike. Obtained data have been analysed with ADELIV methods (Renault, Cemagref) and SCS (American USD).

Key words : Gravitary irrigation, micro-lines, short-lines, efficiency, management.

INTRODUCTION

L'usage de l'irrigation en Algérie est très ancien, comme en témoignent les vestiges de l'époque romaine (bassins, aqueducs...). Des techniques d'irrigation séculaires, fonctionnent encore à ce jour (foggaras, séguias, cèds, puits, balanciers, épandage des eaux de crues...). Elles sont adaptées à un potentiel sol d'une grande diversité (plaines côtières, piémonts, hautes plaines, steppes, oasis...). Elles côtoient maintenant des techniques modernes, plus performantes comme l'aspersion et l'irrigation localisée.

A l'indépendance il y avait 165 000 ha de terres irriguées, aujourd'hui, il y en a 620 687 ha (RGA, 2003). Par rapport à cette croissance de superficie importante mais encore insuffisante, les problèmes qui se posent maintenant sont la gestion rationnelle de l'eau par le biais de l'amélioration des techniques d'irrigation et leur pilotage.

La pratique dominante actuellement dans l'agriculture irriguée est le gravitaire traditionnelle par micros-raies (CHABACA, 1983; 2003; RGA, 2003).

Elle est répartie sur l'ensemble des surfaces irriguées du Nord et du Sud du pays. Elle nécessite des mesures d'amélioration pour réduire la pénibilité du travail, la consommation en eau tout en maintenant un faible investissement. En Algérie, l'irrigation de surface, ne peut être réellement efficiente dans le contexte actuel de sa gestion car plusieurs contraintes sont à relever : mobilisation d'une main d'œuvre importante, conduite empirique, consommation en eau excessive.

Elle est prédominante dans les grands et petits périmètres irrigués et la petite hydraulique. Parmi les raisons de cette prédominance, il y a la topographie défavorable à laquelle elle s'adapte facilement. Celle-ci est aggravée par les mouvements de terre occasionnés par la confection manuelle des séguias et diguettes, d'où l'adaptation des longueurs de raies à la configuration du terrain (YACOUBI et al, 1999). Cette technique a des incidences néfastes sur le nivellement des parcelles. Elle nécessite la confection de nombreuses séguias pour le transport de l'eau vers les raies.

Cela entraîne des pertes de terrains non négligeables. Elles sont estimées en Algérie entre 12 et 15% (CHABACA, 2004). Les aspects économiques (énergie, équipements) sont aussi un autre facteur limitant quant au choix d'autres modes que le gravitaire.

Les volumes d'eau d'irrigation destinés à l'agriculture ne cessent de régresser. Ils sont passés de 80% des ressources nationales en 1975 à 55% en 2002 (SALEM, 2003). Les terres cultivables sont limitées et peu extensibles. Elles sont de plus en plus accaparées par le développement.

urbain et industriel. Jusqu'en 1995, plus de 200 000 ha de Surface Agricole Utile (SAU) ont été perdus (RGA, 2003).

Le climat Algérien, est méditerranéen dans la partie Nord qui représente 14% de la superficie totale et désertique dans la partie Sud. La partie Nord se caractérise par deux saisons pluvieuses, l'une dominante en Automne, l'autre secondaire au Printemps, des précipitations irrégulières dans le temps, à l'échelle journalière annuelle et interannuelle, une sécheresse estivale prononcée. La pluviométrie qui est le paramètre essentiel dans la reconstitution des ressources en eau est soumise à une forte variation spatiale et temporelle. D'Est en Ouest, les précipitations varient de plus 2000mm/an sur les hauts reliefs côtiers de l'extrême Nord-Est à moins de 300 mm dans la partie Nord-Ouest. Cette pluviométrie très variable, a imprimé les grands traits de la répartition régionale des ressources en eaux souterraines, et superficielles.

Dans un contexte climatique, social et juridique aussi complexe, le changement de ce mode d'irrigation traditionnel doit se faire de manière progressive en passant par l'amélioration du mode micro-raies (5 à 10 m de long), vers des raies courtes (30 à 60 m de long) puis à moyen terme moderniser progressivement avec des raies longues de 100 à 500 m.

C'est dans ce sens que nous avons mené des essais d'irrigation sur raie de 30 m et 60 m de long avec différents débits d'attaque. Les données obtenues ont fait l'objet d'analyses par les méthodes ADELIV (Renault, Cemagref) et SCS (USD Américain).

MATERIEL ET METHODES

Introduction

Des expérimentations en irrigation gravitaire sur raies courtes (30m et 60 m de long) ont été réalisées durant deux campagnes (1997/98 et 1999/2000), avec pour objectif d'étudier les effets de différents débits d'alimentation (1 l/s ; 1,25 l/s et 1,5 l/s) et les interactions débits-longueurs au niveau de l'uniformité des arrosages à l'échelle de la parcelle, du profil de distribution de l'eau dans la raie, des pertes en colature et par percolation.

La connaissance de ces éléments nous permet par la suite d'évaluer le rendement hydraulique et l'efficacité de l'irrigation à l'échelle de la raie.

Matériel

Les essais ont été menés dans la station expérimentale de l'INA (Côtier Algérois) sur une culture de tomate industrielle, variété Pico de Aneto. Le climat y est de type méditerranéen (pluviométrie moyenne de 600 mm/an). La valeur moyenne mensuelle de l'humidité est de 75%. Le sol de la parcelle d'essai est argilo-limoneux (taux d'argile de 20% en surface et 40% en profondeur). La densité moyenne est de: 1,45 à 15 cm, 1,55 à 35 cm et 1,57 à 55 cm de profondeur. La capacité au champ moyenne sur 50 cm est de 27,56%, le Pf de 14,62%. L'eau d'irrigation est fournie à partir d'une vanne reliée directement au réseau.

Méthodes

L'évaluation d'un arrosage peut porter soit sur la totalité d'une parcelle, soit sur un poste, soit sur une raie. Plus l'échelle est importante, moins grande est la précision. On se limite ici à l'étude au niveau d'une raie, préalable indispensable à une évaluation sur une plus grande échelle d'une part et à une meilleure connaissance des phénomènes physiques d'autre part. Pour se rapprocher des conditions réelles d'arrosage, il faut également alimenter les raies voisines de la raie support de l'expérimentation. Dans le cas présent on a retenu d'alimenter une seule raie tampon de part et d'autre de la raie suivie. Les 3 raies ainsi définies constituent la parcelle unitaire dans un bloc. Nous avons travaillé sur 3 blocs. Les raies ont des caractéristiques voisines, la parcelle étant elle-même relativement homogène.

Protocole de mesures

- Mesure du débit en tête et en fin de raie par deux seuils jaugeurs du type PARSHALL. Le débit en tête (Q_e) doit être maintenu constant. Le débit en fin de raie (Q_c) par contre est variable au cours du temps car il dépend de l'infiltration.
- Mesure de l'avancement de l'eau dans la raie en notant le temps de passage ou d'avancement (t_n) du front au niveau des différentes abscisses (x) matérialisées par des jalons disposés tous les 5 m le long de la raie.
- Mesure de l'humidité et de la tension avant et après arrosage.

Parmi ces mesures, dans le cadre de notre présentation nous ne développerons pour l'analyse, que les aspects mesures de débits (Q_e et Q_c),

temps d'avancement (t_n) du front d'eau, temps d'irrigation (t_c = temps d'avancement + temps d'entretien) et vitesse du front dans la raie. Les jalons ont été placés aux abscisse $X_0 = 0$, $X_1 = 5$ m, $X_2 = 10$ m, $X_3 = 15$ m, $X_4 = 20$ m, $X_5 = 25$ m, $X_6 = 30$ m (pour les raies de 30 m de long) et $X_0 = 0$ à $X_{13} = 60$ m pour les raies de 60 m de long.

Les essais ont été menés selon le dispositif en blocs aléatoires complets avec 3 répétitions pour chaque campagne. Chaque bloc comprend une parcelle unitaire constituée de 3 raies. Lors de la première campagne (1997/1998) nous avons utilisé des raies de longueur (L) 30 m, lors de la seconde campagne (1999/2000) des raies de longueur (L) 60 m. Dans les deux cas, l'espacement entre les raies est de 1,20 m, la pente (S_0) de 0,003 m/m. Les données recueillies nous ont permis de quantifier les principaux facteurs qui nous intéressent [volume d'eau délivré par raie (V_e), volume infiltré (V_{inf}), rendement hydraulique, efficacité, dose, volumes perdus en colature (V_c)] pour le choix d'une conduite des irrigations avec une rentabilité optimale.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Résultats

Pour l'évaluation de nos irrigations nous avons fait appel à deux approches : La méthode ADELIV (Renault, 1987) et celle du Soil Conservation Service (USDA, 1974).

1. Méthode ADELIV (Analyse de la DEcroissance LInéaire de la Vitesse)

Elle est basée sur l'analyse d'un facteur facilement appréciable, la vitesse d'avancement du front d'humectation dans la raie. L'originalité d'ADELIV, réside dans la mise en évidence d'une loi d'avancement particulière, solution de l'équation de bilan tout à fait classique, à savoir :

Débit entrant – Débit infiltrant = Variation de Stock dans la raie.

Cette solution d'avancement $L(t)$ est la suivante (1) :

$$L(t) = L_m (1 - e^{-V_0 t / L_m}) \quad (1)$$

Avec

$L(t) = L$ où L est l'abscisse du front d'humectation à t temps t

V_0 = vitesse virtuelle du front à l'origine

L_m = longueur maximum de raie irriguée par le débit entrant

Cette loi régit l'avancement pendant le régime stabilisé de l'écoulement qui est atteint au terme d'un temps généralement court par rapport à la durée d'arrosage. En régime stabilisé, la vitesse d'avancement est décroissante linéaire avec l'abscisse (2)

$$V = dL / dt + V_0 (1 - L / L_m) \quad (2)$$

Les éléments strictement indispensables à l'application de la méthode ADELIV sont: une mesure en continu de la vitesse d'avancement dans la raie, la valeur du débit injecté en tête de raie (Q_e)

Les quatre paramètres fondamentaux de la méthode sont V_m : vitesse réelle à l'origine; V_0 : vitesse virtuelle à l'origine; L_m : longueur maximum de raie arrosée par le débit entrant; L_0 : longueur minimum de raie qui serait arrosée par le débit entrant si l'infiltration se maintenait à sa valeur initiale ($F_0 + C$)

A partir des mesures en continu des vitesses et de la valeur du débit en tête, on réalise un diagramme Vitesse - Abscisse sur un graphique, on détermine ensuite par extrapolation (graphique ou numérique) la valeur des paramètres d'ADELIV V_m , L_m , L_0 , et V_0 (Fig. 1)

Puis on procède comme suit

De L_m on déduit la valeur de C : $C = Q_e / L_m$; de $V_0 = Q_e / (0,6 A_0 + F_0 / \theta)$, F_0 est une fonction de la loi d'Horton (Horton, 1940),

A_0 : section mouillée de la veine liquide dans la raie;

θ : coefficient de forme

Puis de $F_0 / \theta = Q_e / V_0 - 0,6 A_0$ sachant que $V_m = 1,66 Q_e A_0$

on obtient $F_0 / \theta = Q_e (1 / V_0 - 1 / V_m)$

Ce qui est suffisant pour calculer la dose infiltrée (3)

$$\text{Infiltration cumulée } (I_c) = Q_e (1 / V_0 - 1 / V_m + t / L_m) \quad (3)$$

Nous allons faire une application du modèle sur l'irrigation du 28/07/98 (campagne 1997/1998) puis nous présenterons pour le reste des irrigations des deux campagnes, les résultats obtenus sous forme de tableaux.

a. Application d'ADELIV au cas de l'irrigation du 28/07/1998/

Caractéristiques générales de la raie irriguée (R5)

Longueur de raie 30 m , durée d'arrosage $t_c = 27$ mn , texture du sol A-L-S , pente $S_o = 0.003$ m/m , débit en tête $Q_e = 0,96$ l/s , écartement inter-raies 1,20 m , culture en place Tomate

A partir des mesures du temps de passage du front d'eau dans la raie aux différentes abscisses x (Tab.1)

Tableau 1 : Vitesse d'avancement du front d'eau dans la raie N° 5

Distance (m)	0	5	10	15	20	25	30
Temps (mn)	0	0,7	2,05	4,16	5,95	8,13	11,08

On définit les vitesses correspondantes à chaque temps de passage (Tableau 2).

Tableau 2 : Vitesse d'avancement du front d'eau au niveau des différentes abscisses (x)

Distance (m)	0	5	10	15	20	25	30
Vitesse (m/mn)	0	7,14	4,87	3,60	3,36	3,07	2,7

Les données de ce dernier tableau vont nous permettre de tracer le diagramme de la Figure 1

Par résolution graphique (Fig. 1) nous avons déterminé les caractéristiques principales de la méthode ADELIV ($L_o = 20,5$ m , $V_o = 4,5$ m/mn , $V_m = 9,5$ m/mn , $L_m = 73$ m) en projetant sur l'axe des x et des y des tangentes aux 2 bras de la courbe

Les composantes d'ADELIV (vitesse et longueur) permettent de déterminer

$$C = Q_e / L_m \text{ soit } C = 0,96 \text{ l/s} / 7,3 \text{ m d'où } C = 0,013$$

$$F_o + C = Q_e/L_o \text{ soit, } F_o + C = 0,96/16,3 = 0,06 \text{ et } F_o = 0,047 \text{ l/s/ml (ml = mètre linéaire de raie)}$$

$$F_o/\theta = Q_e (1/V_o - 1/V_m) \text{ soit } F_o/\theta = 0,96 (1/4,5 - 1/9,5) = 0,112 \text{ d'où } \theta = 0,42$$

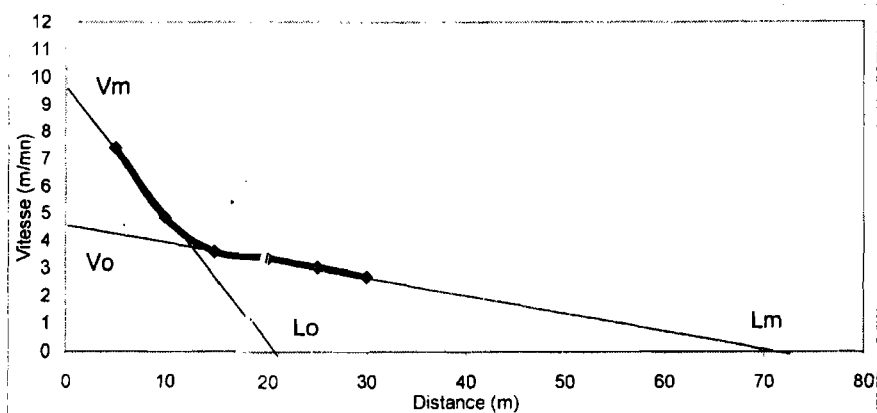


Figure 1 : Diagramme vitesse-abscisse sur la raie N°5 irrigation du 28/07/1998

Ces données vont nous permettre maintenant en utilisant la relation (3) de calculer l'infiltration cumulée par mètre linéaire et de pouvoir ainsi connaître l'efficacité de notre irrigation.

A partir de l'infiltration cumulée (relation 3) et du temps du Tab. (1) nous obtenons les valeurs d'infiltration cumulée aux différents temps de passage (Tab. 3)

Tableau 3 : Infiltration cumulée lors de l'irrigation du 28/07/1998 sur la raie N°5 (ti en mn ; Ic en L / mL : mètre linéaire)

Ti	0	0,7	2,05	4,16	5,95	8,13	11,08	12	14	16	18	21	22	27
Ic	0	0,79	4,53	8,65	9,88	11,4	13,99	15,49	18,03	20,35	22,45	25,27	26,36	28,04

b. Analyse des deux campagnes d'irrigation

Campagne 1997/1998 :

Les résultats temps d'avancement et vitesse (Tab.4) permettent d'aboutir par résolution graphique (ex. de la Fig.1) à partir des diagrammes vitesse-abscisses au niveau des raies de suivi, aux principales caractéristiques de la méthode ADELIV (Tab. 5)

Tableau 4 : Temps d'avancement et vitesse (campagne 1997/1998)

Dates Irr	Raie	Temps et vitesse	0m	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	30 m
28/07/98	Raie 5	Temps (mn)	0	0,7	2,05	4,16	5,95	8,13	11,08
		Vitesse (m/mn)	0	7,14	4,87	3,60	3,36	3,07	2,7
	Raie11	Temps (mn)	0	0,65	2,15	3,91	5,75	7,16	10,08
		Vitesse (m/mn)	0	7,69	4,65	3,83	3,47	3,49	2,97
	Raie17	Temps (mn)	0	0,63	2,21	3,41	6	7,83	10,83
		Vitesse (m/mn)	0	7,93	4,52	4,39	3,33	3,19	2,77
13/08/98	Raie 5	Temps (mn)	0	0,53	1,96	3,96	6	8,43	11,61
		Vitesse (m/mn)	0	9,43	5,10	3,78	3,33	2,96	2,58
	Raie11	Temps (mn)	0	0,58	2,33	3,83	5,63	7	15,85
		Vitesse (m/mn)	0	8,62	4,29	3,96	3,55	3,57	1,89
	Raie17	Temps (mn)	0	0,72	2,13	3,76	6,16	8	11,66
		Vitesse (m/mn)	0	6,94	4,69	3,98	3,24	3,12	2,57

Tableau 5 : Caractéristiques de la méthode ADELIV tirées du Tableau 4 (campagne 1997/1998)

Dates Irrigat	Raies	Vo (m/mn)	Vm (m/mn)	Lo (m)	Lm (m)	C	Fo (l/s/m)	θ
28/07/98	Raie 5	4,5	9,5	20,5	73	0,013	0,047	0,42
	Raie11	4,7	10,5	18	77	0,012	0,041	0,37
	Raie17	4,9	11,4	16,3	71	0,013	0,047	0,42
13/08/98	Raie 5	5	13,7	16	60	0,016	0,044	0,343
	Raie11	4,7	13,1	14	71,2	0,013	0,055	0,523
	Raie17	5,3	9,4	19	57,2	0,016	0,034	0,43

Campagne 1999/2000 :

Les résultats temps d'avancement et vitesse (Tab 6) permettent d'aboutir par résolution graphique (ex de la Fig 1) à partir des diagrammes vitesse-abscisses au niveau des raies de suivi, aux principales caractéristiques de la méthode ADELIV (Tab. 7)

c. Estimation sommaire de la qualité des arrosages pour les deux campagnes

Le Tableau 8 permet de déduire le rendement hydraulique moyen R de l'arrosage étudié (en négligeant la phase de récession)

$$R = \text{Volume d'eau infiltré} / \text{volume d'eau apporté} (V_{inf} / V_e)$$

Le volume total infiltré $V_{inf} = (\text{volume infiltré par mètre linéaire en fin d'irrigation}) \times (\text{la longueur de la raie}) : l \times c \times L$

Le volume total d'eau apporté est $V_e = Q_e \times 60 \times t$ (débit d'irrigation en l/s x 60 secondes x temps d'irrigation)

On peut aussi déterminer une dose moyenne infiltrée D_i donnée par les formules (selon que l'on exprime D_i en l/m ou en mm).

$D_i = \text{volume d'eau infiltrée} / \text{longueur de raie (l/m)}$; elle est donnée directement par ADELIV

Ou $D_i = \text{volume d'eau infiltrée} / \text{longueur de raie} \times \text{espacement des raies (mm)}$.

Les valeurs de rendements et de doses moyennes infiltrées sont présentées dans le Tab 9

Tableau 6 : Temps d'avancement (t en mn) et vitesse (v en m/mn) durant la campagne 1999/2000

Dates	Rale		0	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m
Irrigat 6/08	R4	T	0	1	2,66	4,16	5,66	6,66	7,66	9,16	10,91	14,91	18,91	22,91	31
		V	0	5	3,75	3,6	3,53	3,75	3,91	3,82	3,66	3,01	2,64	2,4	1,93
Irrigat 3/07	R4	T	0	1	3	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13,7	16,7	18,7	28,7	43
		V	0	5	3,33	3	3,07	3,33	3,15	3,04	2,91	2,69	2,67	1,91	1,91
Irrigat 22/7	R1	T	0	0,5	1,25	2,08	3,08	4,08	7,08	9,08	12,08	15,58	21,58	31,58	36
		V	0	7,14	8	7,21	6,49	6,12	4,23	3,85	3,31	2,88	2,31	1,74	1,66

Tableau 7: Caractéristiques de la méthode ADELIV' tirées du Tableau 6 (campagne 1999/2000)

Dates Irrigation	Raies	Vo	Vm	Lo	Lm	C	Fo	θ
6/08	R4	4	6,3	20	150	0,0067	0,0433	0,470
3/07	R4	3,4	6,8	25	155	0,008	0,042	0,228
22/07	R1	5,5	12	30	180	0,008	0,042	0,278

Les infiltrations cumulées pour les 2 campagnes d'irrigation sont présentées ci-dessous (Tab 8).

Tableau 8 : Infiltrations cumulées (déterminées à partir de la relation (3) et des valeurs des Tab. 5 et 7) pour les deux campagnes d'irrigation (b en mn ; lc en l/m² ; mètre linéaire)

1	22/7	bi	0	0,7	2,1	4,12	5,96	8,13	11,1	12	14	16	18	21	22	27						
9		lc	0	1,46	8,36	10,02	11,43	13,15	15,48	18,2	17,78	19,36	20,94	23,3	24,1	28,04						
9	13/8	bi	0	0,53	1,96	3,96	6	8,43	11,61	13	14	15	16	17	18	19	23	27				
8		lc	0	7,9	9,65	11,29	13,26	15,6	18,77	20,05	21,13	21,99	22,96	23,94	24,9	25,87	28,78	33,64				
3	3/7	bi	0	1	3	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13,7	16,7	18,7	28,7	43	44	45	50	56			
2		lc	0	12	13	13,98	14,68	15,17	16,14	17,11	18,17	19,63	20,58	25,44	32,35	32,84	33,32	35,74	36,07			
0	22/7	bi	0	0,7	1,25	2,08	3,08	4,08	7,08	9,08	12,08	15,58	21,58	31,58	36	37	38	40	45	48	47	
0		lc	0	9,09	9,35	9,77	10,27	10,77	12,27	13,27	14,77	16,52	19,52	24,52	28,73	27,23	27,73	28,31	31,23	31,73	32,23	
0	5/06	bi	0	1	2,66	4,18	5,66	6,66	7,66	9,18	11	15	19	23	31	38	45	50	65	80	65	70
		lc	0	5,94	6,58	7,18	7,78	8,18	8,38	9,18	9,92	11,52	13,12	14,72	17,92	20,72	23,52	25,52	27,52	29,52	31,52	33,52

Tableau 9 : Estimation sommaire des valeurs de rendements hydrauliques et de doses délivrées

Campagnes	Dates irrigation	Raies	Rdt (%)	Dose (l/m)	Dose (mm)
1997/1998	28/07	R5	52	28,04	23,36
	13/08	R5	62	33,64	28,03
1999/2000	03/07	R4	55	38,65	32,21
	22/07	R1	46	32,23	26,86
	06/08	R4	48	33,52	27,93

Tableau 10 : Mesure de l'avancement dans les raies (tn en mn) pour les deux campagnes d'irrigation (1997/98 et 1999/2000)

Camp.	Date	Raie	X(m)	0m	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m
1997/1998	28/07	R5	tn	0	0,7	2,05	4,16	5,95	8,13	11,08						
		R11	tn	0	0,65	2,15	3,91	5,75	7,16	10,08						
		R17	tn	0	0,63	2,21	3,41	6	7,83	10,83						
1999/2000	13/08	R5	tn	0	0,53	1,96	3,96	6	8,43	11,61						
		R11	tn	0	0,58	2,33	3,83	5,63	7	15,85						
		R17	tn	0	0,72	2,13	3,76	6,16	8	11,66						
1999/2000	3/07	R4	tn	0	1	2,66	4,16	5,66	6,66	7,66	9,16	10,91	14,91	18,91	22,91	31
	22/07	R4	tn	0	1	3	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13,7	16,7	18,7	28,7	43
	06/08	R1	tn	0	0,5	1,25	2,08	3,08	4,08	7,08	9,08	12,08	15,58	21,58	31,58	36

2. Méthode du SCS (Soil Conservation Service)

Elle permet à partir d'un suivi des arrosages comme pour ADELIV d'évaluer avec plus ou moins de précision les critères de qualité (rendement hydraulique, uniformité ...) ce qui passe par la détermination préalable des caractéristiques d'infiltration (colatures, percolation, infiltration, temps d'avancement, durée d'irrigation ...). Nous allons donc présenter les étapes de calcul qui nous permettent d'aboutir à une évaluation de l'infiltration linéaire.

Le suivi du temps d'avancement (t_n) du front de l'eau dans les raies (Tab 10) nous permet de connaître le temps d'amenée de l'eau en bout de raie ; celui-ci est toujours inférieur au temps total d'irrigation (t_c).

Le débit du ruissellement en colature (Q_c) a été mesuré à l'aide du seuil jaugeur Parsival placé à l'extrémité aval de la raie à partir de la fin de la phase de ruissellement (temps t_n) jusqu'à l'arrêt de l'alimentation en tête (temps t_c). Les volumes ruisselés cumulés (V_c en l) à différents temps de mesure (t_i en mn) à partir du début de l'arrosage (Tab 11 et 12) se calculent à partir de la relation (4)

$$V_c(t_i) = V_c(t_{i-1}) + \left[\frac{Q_c(t_{i-1}) + Q_c(t_i)}{2} \right] (t_i - t_{i-1}) \quad (4)$$

Pour les volumes stockés en surface (Tab 13) nous avons procédé aux calculs par estimation à partir de la formule empirique (5) du SCS (ASAE, 1983 ; Berthomé, 1984)

$$V_s(x) = \frac{r}{0,305} \left[(2,947) \left(Q_0 \frac{n}{S_0^{1,2}} \right)^{0,753} - 0,0217 \right] \quad (5)$$

Avec $V_s(x)$: volume stocké (l) à l'abscisse x (m), Q_0 (l/s) : débit en tête de raie ; n : coefficient de Manning (dans notre cas, $n = 0,04$)

Tableau 11 : Mesure du ruissellement en colature campagne 1997/1998

Dates irrig.	Raie	ti	Temp (mn)									
			11	12	14	1	18	21	22	27		
13/08	R5	ti	11	12	14	1	18	21	22	27		
		Qc	0	0,27	0,38	0,38	0,49	0,49	0,38	0,38		
		Vc	0	8,1	47,1	92,7	144,9	233,1	258,3	372,3		
	R11	ti	11	12	14	17	19	21	24	27		
		Qc	0	0,08	0,27	0,38	0,38	0,49	0,49	0,38		
		Vc	0	2,4	23,4	81,9	127,5	179,1	267,3	344,7		
	R17	ti	11	12	15	18	20	23	25			
		Qc	0	0,008	0,27	0,27	0,27	0,49	0,49	0,63		
		Vc	0	2,4	33	81,6	114	182,4	241,3	308,5		
28/07	R5	ti	12	13	14	15	16	17	18	19	23	27
		Qc	0	0,27	0,27	0,38	0,38	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
		Vc	0	8,1	24,3	43,8	66,6	92,7	122,14	151,54	269,14	386,74
	R11	Ti	16	17	18	19	20	21	22	23	25	29
		Qc	0	0,08	0,27	0,38	0,49	0,49	0,63	0,49	0,38	0,38
		Vc	0	2,4	12,9	32,4	58,4	87,8	121,4	155	259,4	350,6
	R17	Ti	12	13	14	15	16	17	18	19	23	27
		Qc										
		Vc	0	2,4	12,9	32,4	58,4	87,8	121,4	155	259,4	350,6

Tableau 12 : Détermination du ruissellement en colature campagne 1999/2000

Dates	Raie	Temps (mn)									
03/07/2000	R4	Ti	43	44	45	50	56				
		Qc	0	0.1	0.2	0.4	0.5				
		Vc	0	3	9	99	261				
22/07/2000	R4	Ti	36	37	38	40	45	46	47		
		Qc	0	0.08	0.10	0.18	0.11	0.06	0.05		
		Vc	0	2.4	7.5	24.6	68.1	73.2	78.5		
06/08/2000	R4	Ti	31	38	45	50	55	60	65	70	
		Qc	0	0.15	0.24	0.27	0.27	0.30	0.30	0.30	
		Vc	0	31.5	113.4	189.9	270.9	356.4	446.4	536.4	

Les volumes cumulés infiltrés (Tab.14) se déduisent des mesures de volumes cumulés écoulés en colature et des volumes stockés en surface (Tab. 11, 12 et 13). Pour ce faire on écrit l'équation du bilan en volume au temps t (6):

$$V_e(t) = V_{inf}(t) + V_c(t) + V_s(t) \quad (6)$$

Où V_e représente le volume entré en tête de raie (t), V_{inf} le volume infiltré (t), V_c le volume écoulé en colature (t) et V_s le volume stocké en surface (t).

On détermine V_e à partir de la relation (7)

$$V_e(t) = 60 Q_e t \quad (7)$$

Tableau 13 : Volumes stockés en surface dans les raies campagnes 1997/1998 et 1999/2000

Campagne	Dates	Raies		0m	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	
1997/1998	28/07	R5	t	0	0,7	2,05	4,16	5,95	8,13	11,08						11-27	
			Vs	0	36,38	72,78	109,18	145,56	181,96	218,36							218,36
		R11	t	0	0,65	2,15	3,91	5,75	7,16	10,08							10-27
			Vs	0	36,38	72,78	109,18	145,56	181,96	218,36							218,36
	R17	T	0	0,63	2,21	3,41	6	7,83	10,83							11-27	
		Vs	0	36,38	72,78	109,18	145,56	181,96	218,36							218,36	
	13/08	R5	T	0	0,53	1,96	3,96	6	8,43	11,61							11-27
			Vs	0	37,2	74,42	111,64	148,85	186,06	223,28							223,28
		R11	t	0	0,58	2,33	3,83	5,63	7	15,85							11-27
			Vs	0	37,2	74,42	111,64	148,85	186,06	223,28							223,28
R17		t	0	0,71	2,13	3,76	6,16	8	11,66							11-27	
		Vs	0	37,2	74,42	111,64	148,85	186,06	223,28							223,28	
1999/2000	03/07	R4	t	0	1	3	5	6,5	7,5	9,5	11,5	13,7	16,7	18,7	28,7	43	43-56
			Vs	0	44,57	89	133,72	178,29	222,87	267,44	312,01	356,59	401,16	445,73	490,31	534,88	534,88
	22/07	R1	t	0	0,7	1,25	2,08	3,08	4,08	7,08	9,08	12,08	15,58	21,58	31,58	36	36-47
			Vs	0	51,3	102,26	153,93	205,24	256,55	307,86	359,18	410,49	461,80	513,11	564,42	615,73	615,73
	06/08	R4	t	0	1	2,66	4,16	5,66	6,66	7,66	9,16	11	15	19	23	31	31-70
			Vs	0	37,59	75,21	112,82	150,42	188,03	225,63	263,24	300,85	338,45	376,06	413,67	451,28	451,28

Tableau 14 : Détermination des volumes infiltrés dans les raies de 30 et 60m (campagnes 1997/1998 et 1999/2000)

Campagnes	Dates Irrigat.	Raies	Ve (l)	Vc (l)	Vs (l)	Vinf (l)
1997/1998	28/07	R5	155,5,2	372,3	218,36	964,54
	13/08	R5	15,71,4	386,74	221,61	963,05
	03/07	R4	4,200	261	534,88	3404,12
1999/2000	22/07	R1	4230	78,5	615,73	3614,27
	06/08	R4	4200	536,4	451,28	3212,32

a. Estimation sommaire de la qualité des arrosages pour les deux campagnes

Le tableau 14 permet de déduire le rendement hydraulique moyen R de l'arrosage étudié (en négligeant la phase de récession) :

$$R = \text{Volume d'eau infiltré} / \text{volume d'eau apporté (Vinf / Ve)}$$

On peut aussi déterminer une dose moyenne infiltrée Di donnée par les formules (selon que l'on exprime Di en l/m ou en mm).

$$Di = \text{volume d'eau infiltrée} / \text{longueur de raie (l/m)}$$

Où Di = volume d'eau infiltrée / longueur de raie x espacement des raies.

Dans le Tableau 15 sont reprises les valeurs de rendements et de doses moyennes infiltrées pour les irrigations figurant dans le Tab. 14.

L'évaluation des arrosages par la méthode ADELIV et celle plus classique du SCS est faite à partir des diagrammes de la Fig.2 qui portent sur l'évolution des infiltrations cumulées des irrigations des deux campagnes (Fig. 2 a ; b ; c ; d ; e).

Tableau 15 : Estimation sommaire des valeurs de rendements hydrauliques et de doses délivrées

Campagnes	Dates irrigation	Raies	Rdt (%)	Dose (l/m)	Dose (mm)
1997/1998	28/07	R5	62	32,15	28,65
	13/08	R5	61	32,10	26,75
1999/2000	03/07	R4	81	56,73	47,27
	22/07	R1	85	60,2	50,19
	06/08	R4	76	53,54	44,61

Les caractéristiques des irrigations pour les diagrammes de la Fig 2 sont présentées ci-dessous

a). Campagne d'irrigation 1997/1998

Irrigation N° 2 (28/07), Raie 5 (30 m), $Q_e = 0,97$ l/s, Temps d'irrigation : 27 mn, $V_o = 4,5$ m/mn,

$V_m = 9,5$ m/mn, $L_m = 73$ m

b). Campagne 1997/1998

Irrigation N° 3 (13/08), Raie 5 ; $Q_e = 0,97$ l/s, Temps d'irrigation : 27 mn, $V_o = 5$ m/mn,

$V_m = 13,7$ m/mn, $L_m = 60$ m

c). Campagne 1999/2000

Irrigation N° 2 (3/7), Raie 4, $Q_e = 1,25$ l/s ; Temps d'irrigation (T_c) = 56 mn ; $V_o = 3,4$ m/mn,

$V_m = 6,8$ m/mn, $L_m = 155$ m

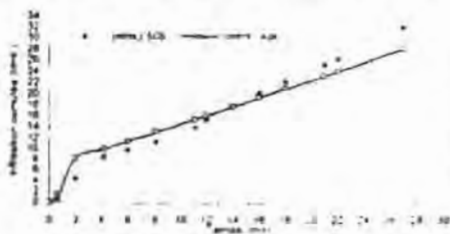
d). Campagne 1999/2000

Irrigation N° 3 ; Raie 1, $Q_e = 1,5$ l/s ; Temps d'irrigation (t_c) = 47 mn, $V_o = 5,5$ m/mn, $V_m = 12$ m/mn, $L_m = 180$ m

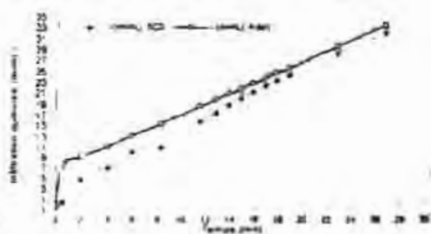
e). Campagne 1999/2000

Irrigation N° 4, Raie 4, $Q_e = 1$ l/s ; Temps d'irrigation (t_c) = 70 mn ; $V_o = 4$ m/mn, $V_m = 6,3$ m/mn, $L_m = 150$ m

a) Campagne 1997/98, irrigat 28/07, raie 30m



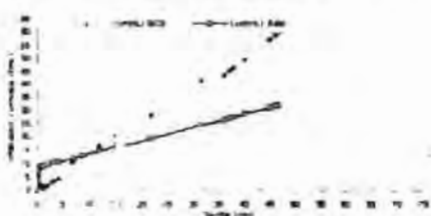
b) Campagne 1997/98, irrigat 13/08, raie 30m



c) Campagne 1999/2000, irrigat 3/7, raie 60 m



d) Campagne 1999/2000, irrigat 22/07, raie 60 m



e) Campagne 1999/2000, irrigat 5/08, raie 60 m

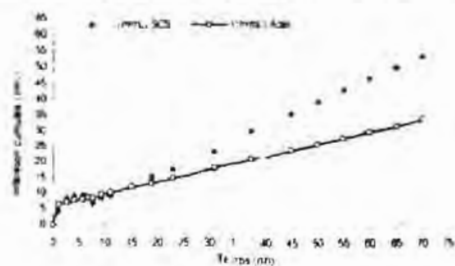


Figure 2 : Comparaison entre, les valeurs d'infiltration cumulée à partir d'ADELIV et SC'S

DISCUSSIONS

Les rendements hydrauliques obtenus par les deux méthodes sont acceptables pour les raies de 30 m (50 à 60% représentent un rendement convenable en irrigation gravitaire à la raie). Pour ceux des raies de 60 m, les écarts varient du simple au double entre ADELIV et le SCS. Ce dernier présente des rendements équivalents à ceux des irrigations sous pression, ce qui paraît irréaliste dans les conditions de l'essai. La teneur en argile élevée est à l'origine de nombreuses fentes de retraits dans les raies (10 à 50 cm de profondeur et 1 à 2 cm de largeur). Ce qui entraîne des pertes par percolation profonde que nous n'avons pas estimés dans cette approche ainsi qu'un ralentissement de la vitesse du front d'eau dans la raie. Les valeurs d'ADELIV bien que faibles sont plus proches de la réalité.

Pour les doses elles paraissent à l'image des rendements, équilibrées pour les deux méthodes dans le cas des raies de 30 m.

Cette tendance est confortée par les diagrammes (Fig.2) où sont présentées les courbes des infiltrations cumulées pour chaque irrigation selon les 2 modes. On remarque que pour les raies de

60 m, la différence de tendance est assez nette entre la courbe SCS où les infiltrations sont élevées par rapport à ADELIV qui en donne une estimation proche de la réalité.

Pour les raies de 30 m, suite aux rendements obtenus, il serait intéressant de pouvoir mener des investigations plus poussées pour aboutir à des combinaisons débit-longueurs de raie (dans la plage des 30 à 60 m) pouvant donner des rendements hydrauliques de l'ordre de 65-70%, en jouant sur le débit en tête (Q_e) pour diminuer soit les pertes en colature ou celles en percolation. L'objectif étant d'apporter une contribution à court terme à l'amélioration du système d'irrigation actuel en Algérie basé sur l'utilisation d'un mode dont nous avons développé les insuffisances en introduction.

Dans une première étape, sans trop bouleverser les habitudes des agriculteurs, faute de moyens d'accompagnement, on pourrait proposer : L'alimentation gravitaire des parcelles à irriguer par des gaines souples ou des conduites en polyéthylène ; l'exploitation de raies courtes de 30 m de long ; la diminution du nombre de séguis de distribution d'eau au sein des parcelles. Dans ces conditions, le planage ne nécessiterait pas de matériel spécifique, celui de l'agriculteur suffirait. La modernisation du gravitaire paraît à court terme incompatible avec les conditions socio-économiques actuelles dans la mesure où cette modernisation entraînerait une réduction d'emplois. Cependant si l'on envisage le long terme, on peut s'interroger quant aux possibilités de maintien de pratiques d'irrigation telles que la

Robta (micro-raies) Le choix d'un système d'irrigation doit résulter du meilleur compromis entre la ressource en eau (qualité et quantité), la main d'œuvre disponible, le sol et sa topographie. Il doit par ailleurs assurer le maintien d'une agriculture durable en permettant de gérer au mieux les risques environnementaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGID, 2000.**- Bilan de la campagne d'irrigation. Agence Nationale de Réalisation et de Gestion des Infrastructures Hydrauliques pour l'Irrigation et le Drainage Direction de la Gestion et de l'Exploitation. Septembre 2000
- ASAE, 1983** - Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Conception et fonctionnement des systèmes d'irrigation à la ferme). 829 p.
- BERTHOME P., 1984** - Conception et fonctionnement des systèmes d'irrigation de surface ou d'irrigation gravitaire Traduction du chapitre XIII de « Design and Operation of Farm Irrigation Systems » (ASAE, 1983) Cemagref, Division Irrigation, 90p.
- CHABACA M. N., 1983** - Influence des débits et longueurs de rigoles sur le rendement de la pomme de terre et de la tomate et sur la température du sol au niveau des racines Thèse de Magister INA Alger 85p.
- CHABACA M. N., 2003** - Modèle d'irrigation gravitaire utilisé actuellement en Algérie Séminaire Franco-Algérien sur « Les ressources en eau et irrigation des cultures, plus particulièrement les céréales » Projet CMEP INA-Alger et Paris-Grignon. Ghardaïa 1-3 Avril.
- CHABACA M. N., 2004.**- L'irrigation gravitaire par micro-raies en Algérie. Propositions pour une amélioration de la pratique ou une modernisation de la technique Quelles alternatives ? Actes du séminaire Modernisation de l'agriculture irriguée. Rabat 19-23 Avril 2004. Projet INCO-WADEMED
- MAILHOT J.C., 2001.**- Contribution à l'amélioration des pratiques d'irrigation à la raie par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et de la saison. Thèse de Doctorat Université de Montpellier I. 275p
- PERENNES J. J., 1990.**- L'eau, les paysans et l'Etat. La question hydraulique dans les pays du Maghreb. Thèse de Doctorat Université des Sciences Sociales. Grenoble. 670p
- RENAULT D., 1987** - ADELIV : Une méthode d'évaluation simplifiée en irrigation à la raie basée sur l'analyse de la décroissance linéaire de la vitesse d'avancement ENGREF 30p.

RGA, 2003.- Recensement Général de l'Agriculture. Direction des Statistiques agricoles et des systèmes d'information. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. 123p

SALEM A., 2003 - L'eau en Algérie : quelle politique pour l'avenir ? Communication au Conseil de la Nation, Alger 26 Mai.

YACOUBI S., MOUMEN M., BEKRAOUI A., KHIAT D., NAJIB A., 1999.- Economie de l'eau d'irrigation. Transfert de technologie en agriculture. Bulletin mensuel de liaison du PNTTA. IAV Hassan II. Rabat. Juillet. N° 58.