

## **ESTIMATION DE LA FIABILITE DE FONCTIONNEMENT DES GOUTTEURS " SILVER DRIP, AQUA TRAXX, T-TAPE» DANS LES SYSTEMES D'IRRIGATION GOUTTE A GOUTTE.**

### **RELIABILITY ESTIMATION OF "SILVER DRIP, AQUA TRAXX, T-TAPE" DRIPPERS OPERATIONS FOR THE IRRIGATION DRIP**

**Ahmed Salah Eddine MEDDOUR & V.A., GURYN DÈSST,** *Université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement, la ville de Rivne, Ukraine. salah11dz@yahoo.fr mail@nuwm.rv.ua*

**RESUME :** Cet article propose une approche expérimentale pour étudier la fiabilité de certains modèles de goutteurs. Pour ce faire, une expérimentation sur un système d'irrigation au nord de l'Algérie est menée. La stabilité de fonctionnement des goutteurs dans le temps est un indicateur principal de la qualité du système d'irrigation. Les résultats de nos travaux montrent qu'une meilleure conception des composants du système et de la technologie de leur fabrication est la base pour améliorer la fiabilité d'un tel système.

**Mots-clés:** Goutteur, Fiabilité, Fonction empirique, Systèmes d'irrigation Goutte à goutte, Consommation d'eau des plantes, Débit.

**ABSTRACT:** This work intends to study the reliability of drippers were performed on the irrigation systems in place on the north of Algeria. The operation stability of the considered elements over the time is a key indicator of the quality of the irrigation system. The obtained results demonstrate that a better design of system components and their fabrication is the main element to achieve a high reliability of such a system.

**Keywords:** Drip, Reliability, Empirical Function, Drip Irrigation Systems, Water Use Plants, Flow.

## **INTRODUCTION**

Les systèmes d'irrigation goutte à goutte font partie des systèmes de bonification, dont la phase de conception joue un rôle particulièrement important dans les performances du système. En effet, dans ces systèmes, chaque plante reçoit d'une façon individuelle, un module d'arrosage. En

conséquence, l'uniformité de la répartition des débits du système doit être suffisamment élevée.

Parallèlement, la quantité d'eau qui est amenée à chaque plante est une valeur aléatoire qui dépend des principaux facteurs de conception et d'exploitation, à savoir :

- la dispersion technologique des débits:
- les caractéristiques hydrauliques des goutteurs du système d'irrigation et la qualité des conduites de distribution d'eau:
- la qualité de l'eau d'irrigation;
- le régime d'exploitation,
- la durée du cycle d'approvisionnement en eau, la régularité de lavage des conduites de distribution d'eau et des goutteurs.

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les études sur site pour la modification des caractéristiques hydrauliques des goutteurs au cours de l'exploitation ont été réalisées en 2010 sur la parcelle d'irrigation goutte à goutte du «Domaine Azzouz Abdallah EAC 33 » aux environs de la ville de Zeralda en Algérie.

70 goutteurs Silver drip, 55 goutteurs Aqua traxx, 55 goutteurs T-Tape – types non compensés ont fait l'objet de cette étude. L'expérience a eu lieu au régime d'exploitation avec lavage et apport d'engrais minéral à une pression de 1,05 bar (ESTU ISO 9260:2003, 2005; ESTU ISO 9261:2004, 2005; ESTU 3433, 1997; ESTU 3004, 1995).



**Figure 1.** Etudes sur site sur la parcelle d'irrigation goutte à goutte de «Domaine Azzouz Abdallah EAC 33 » aux alentours de la ville de Zeralda en Algérie.

## MATERIEL ET METHODES

La méthode de recherche sur site en vue d'étudier les caractéristiques débit-pression des systèmes d'irrigation goutte à goutte comprend:

- les mesures de pression à l'aide d'un manomètre;
- les mesures du débit de chaque goutteur Silver drip par la méthode volumétrique à l'aide du cylindre de mesure;
- le contrôle de la température.

Le régime de lavage des goutteurs prévoit l'ouverture des bouchons d'extrémité des rampes après chaque arrosage pendant 20 minutes.

Le planning des observations de la fiabilité consistait à déterminer le nombre approprié d'observations pour l'estimation des indices de fiabilité avec une haute précision et certitude. Le plan [NUT] a été mis en œuvre afin d'étudier l'efficacité des goutteurs, N -objets sous observation, installations en panne – sans rechange et renouvellement. Les observations sont arrêtées après une durée de temps T. Ce dernier permet de définir les indices de la fiabilité d'éléments en cours d'exploitation durable (Naumenko, 1994; ESTU 3004, 1995; Tokar, 1986).

En examinant ces questions du point de vue de la théorie de fiabilité, il est nécessaire d'obtenir une estimation du critère de défaillance de la conduite d'arrosage et celle du temps moyen entre deux défaillances successives.

L'alimentation normale en eau des plantes est considérée conforme aux conditions  $Ke \geq Ke_{adm}$  et  $Kp \geq Kp_{adm}$ . C'est à dire que le coefficient de changement de l'espérance mathématique du débit moyen des goutteurs et le coefficient d'uniformité d'arrosage au cours d'exploitation ne doivent pas être inférieur à la valeur admissible. En tenant compte les expériences faites en Ukraine sur l'exploitation des systèmes d'irrigation goutte à goutte, et en utilisant d'autres données (Tokar, 1986), supposent que:

- le coefficient admissible d'uniformité de l'arrosage sans engrais peut être  $Kp_{adm} \geq 0,50$ ;
- le coefficient admissible de diminution du débit moyen du goutteur  $Ke_{adm} \geq 0,60$ ;
- le coefficient de variation de débit des goutteurs -  $Vq \leq 0,16$ .

Le débit moyen des goutteurs  $q_c$ , le coefficient de variation des goutteurs  $Vq$ , le coefficient de l'uniformité d'arrosage du débit des goutteurs  $Kp$ , le coefficient de diminution du débit moyen des goutteurs  $Ke$ , sont présentés dans le tableau 1 et calculés selon les formules (Naumenko et al., 1986):

$$V_q = \frac{\sigma_q(t)}{q_c(t)}; \quad (1)$$

A la probabilité  $\beta = 0,90$ , est défini le coefficient d'uniformité d'arrosage du  $K_p$ , qui a été calculé d'après la formule (2)

**Tableau 1** Caractéristiques hydrauliques des goutteurs Aqua traxx en exploitation

t, h	$q_c$ , l/h	$\sigma_q$ , l/h	$V_q$	$K_e$	$K_p$
0.00	1,20	0,062	0,052	1	0,91
60	1,15	0,060	0,052	0,96	0,91
120	1,13	0,063	0,056	0,94	0,91
180	1,08	0,063	0,058	0,9	0,90
240	1,04	0,064	0,062	0,86	0,90
300	0,93	0,091	0,098	0,77	0,85
360	0,83	0,12	0,15	0,69	0,78
420	0,65	0,22	0,34	0,54	0,54
480	0,54	0,24	0,45	0,45	0,41
540	0,41	0,23	0,57	0,34	0,28
600	0,34	0,23	0,68	0,28	0,18
660	0,33	0,22	0,68	0,27	0,17

$$K_p = \frac{1}{2} \left( \frac{q_m}{q_c} + \frac{q_c}{q_6} \right) \quad (2)$$

Où:  $q_e$  : débit moyen des goutteurs au moment initial;

$q_c$  : débit moyen du goutteur durant exploitation;

$q_m$  : débit de la moitié des débits d'arrosage, qui est inférieur au débit;

$$q_m = q_c - 1.28\sigma_q \quad (3)$$

$q_6$  : débit de la moitié des débits d'arrosage, qui est supérieur au débit;

$$q_6 = q_c + 1.28\sigma_q \quad (4)$$

La caractéristique de variation du débit moyen des goutteurs est le coefficient de variation du débit moyen des goutteurs en cours d'exploitation (Naumenko, 1994; Naumenko, 2006)

$$K_e = q_c / q_e \quad (5)$$

La variation de débits des goutteurs monte au cours de l'exploitation. Dans ce cas, la diminution de la norme d'arrosage en dessous d'une certaine valeur est nuisible pour les plantes et provoque les pertes de la récolte.

En analysant la capacité du passage d'eau des goutteurs eu cours d'exploitation, nous avons constaté que de nombreux types de goutteurs possèdent des qualités d'auto-renouvellement de l'état de service après la défaillance. Cela signifie qu'au-delà de l'intervalle de confiance, une partie de goutteurs y retournent simultanément avec la sortie du débit des goutteurs. Ainsi, la viabilité du système augmente considérablement.

Le type de la distribution théorique de valeurs aléatoires a été choisi à l'aide de grilles de probabilité. En doublant logarithme de l'équation de la fonction de répartition de Weibull (Naumenko, 1994; Naumenko, 2006)

$$F_T(T) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{T}{a}\right)^b\right] \quad (6)$$

Nous obtenons :

$$\ln[-\ln(1-F)] = b \ln\left(\frac{T}{a}\right) \quad (7)$$

Où :

$F = F(x)$ ,  $a$ ,  $b$  - les paramètres de la loi de Weibull.

Soit,  $y = \ln[-\ln(1-F)]$ . A partir de l'équation (4),  $y$  dépend linéairement de  $\ln\left(\frac{T}{a}\right)$ . Par conséquent, si la fonction de répartition empirique est approchée par la répartition de Weibull, sur le graphique

$$y = \ln[-\ln(1-F)] = f(\ln T) \quad (8)$$

Les valeurs de la fonction  $F(x)$  se placeront à proximité de la ligne droite avec un coefficient angulaire égale au paramètre  $b$ , qui est facile à déterminer. Ainsi il faut prendre deux points  $y_1 = f[\ln(T_1)]$  et  $y_2 = f[\ln(T_2)]$  à la ligne  $y = f(\ln T)$

Dans ce cas, les paramètres  $a$  et  $b$  sont définis d'après les formules:

$$b = \frac{y_2 - y_1}{\ln T_2 - \ln T_1} \quad (9)$$

$$a = \frac{T}{[-\ln R(T)]^{1/b}} \quad (10)$$

Où :

T - est égal à  $T_1$  ou  $T_2$ .  $R(T) = 1 - F(T)$

L'espérance mathématique  $M_T$  est définie d'après la formule (Naumenko, 1994; ESTU 3004, 1995)

$$M_T = a \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right) \quad (11)$$

Où :

A et b sont les paramètres de la loi de Weibull;

$\Gamma(\cdot)$  est la fonction gamma.

La probabilité de fonctionnement sans pannes des goutteurs compte tenu de l'auto-récupération est donnée par l'équation:

$$R(T) = \exp\left[-\left(\frac{T}{a}\right)^b\right] \quad (12)$$

## RESULTATS ET DISCUSSION

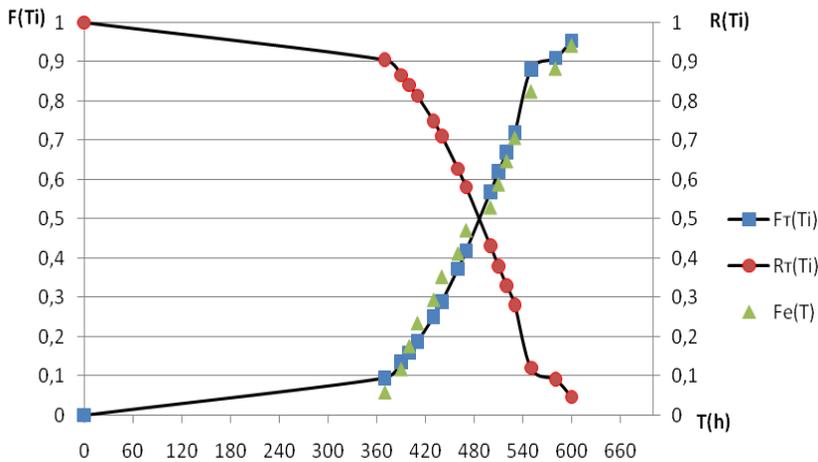
Les résultats de traitement des études en question, placés dans la gamme 0 à 660 h, avec un intervalle de temps  $t = 60$  h sont présentés dans le tableau 1 (en utilisant des goutteurs Aqua traxx).

Au vu du tableau 1, les conclusions suivantes en découlent:

Au cours d'exploitation des goutteurs Aqua traxx, une diminution du débit moyen des goutteurs de la conduite d'arrosage, une baisse du coefficient d'uniformité d'arrosage ainsi qu'une hausse du coefficient de variation au cours de l'essai sont observées, de même une augmentation de l'irrégularité d'arrosage. Cela s'explique avant tout par le colmatage des goutteurs.

Afin d'établir le type de la loi théorique de répartition de la fiabilité des goutteurs, le logiciel de statistique (lawdistr) est utilisé. La base de ce programme comporte le choix de la loi théorique de répartition (Naumenko & Yeroshkin, 2001), son ajustement ainsi que l'estimation de l'approximation des données expérimentales.

Le marquage des points de la fonction empirique de répartition sur les grilles de probabilité a montré que la répartition de Weibull est la meilleure option (Fig. 2).



**Fig. 2.** Fonction de répartition de la fiabilité des goutteurs Aqua Traxx à 1,05 bar dans le temps pour la répartition de Weibull en régime d'exploitation - lavage avec apport d'engrais minéraux.

La valeur de la fonction empirique de répartition de la valeur aléatoire aux points est déterminée d'après la formule (Naumenko, 1994; Naumenko, 2006; ESTU 3433, 1997)

$$F_e(T_i) = \frac{K_i}{N + 1} \tag{14}$$

Où : N : nombre total de défaillances des goutteurs;  
 K<sub>i</sub> : fréquence cumulée.

Soit :

$$K_i = \sum_{i=1}^k r_i \tag{15}$$

avec : r : fréquence de la valeur T<sub>i</sub> dans le rang de variation en croissance;  
 k : numéro d'ordre de la valeur T dans le rang de variation en croissance.

Le rang de variation du temps de fonctionnement sans défaillance des goutteurs est: 370, 390, 400, 410, 430, 440, 460, 470, 500, 510, 520, 530, 550, 550, 580, 600. Le nombre total de défaillances r = 16 pièces.

Les résultats du calcul sont présentés dans le tableau 2.

L'estimation de la possibilité d'approximation des données expérimentales à la répartition de Weibull est basée sur le critère de Kolmogorov.

Le tableau 2 et la figure 2 montre que la différence maximale entre les fonctions empirique et théorique de répartition  $D_{\max} = 0,064$  est observée à  $T = 440$  h

Au niveau de signification  $\alpha = 0,10$  et avec le nombre de valeurs aléatoires  $r = 16$  pc, la valeur critique  $\lambda_N^* = 0,295$ .

La comparaison des valeurs statistiques de :

$D_{\max} = |F_e(440,0) - F_T(440,0)| = |0,353 - 0,289| = 0,064$  avec celle critique  $\lambda_N^* = 0,295$  a montré que  $D_{\max} = 0,064 < \lambda_N^* = 0,295$ .

Cela confirme que les données expérimentales sont concordantes avec les paramètres de la répartition de Weibull de la loi:  $b = 7,068$ ;  $a = 512,4$  h.

**Tableau 2** Calcul des lois empirique et théorique de répartition de la fiabilité des goutteurs Aqua Traxx à 1,05 bar

N° $\Pi/\Pi$	$T_i$	$r_i$	$K_i$	$F_e(T_i)$	$F_T(T_i)$	$R_T(T)$	$D_i$
1	370	1	1	0.059	0.095	0,905	0,036
2	390	1	2	0.118	0.135	0,865	0,017
3	400	1	3	0.176	0.159	0,841	0,017
4	410	1	4	0.235	0.187	0,813	0,048
5	430	1	5	0.294	0.251	0,749	0,043
6	440	1	6	0.353	0.289	0,711	0,064
7	460	1	7	0.412	0.373	0,627	0,039
8	470	1	8	0.471	0.419	0,581	0,052
9	500	1	9	0.529	0.569	0,431	0,04
10	510	1	10	0.588	0.620	0,38	0,032
11	520	1	11	0.647	0.670	0,33	0,023
12	530	1	12	0.706	0.719	0,281	0,013
13	550	2	14	0.824	0.880	0,12	0,056
14	580	1	15	0.882	0.909	0,091	0,027
15	600	1	16	0.941	0.953	0,047	0,012

En substituant les paramètres  $a$  et  $b$  définis ci-dessus, la fonction de la probabilité de répartition de défaillance pour les goutteurs Aqua Traxx est:

$$F_T(T) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{T}{512.4} \right)^{7,068} \right] \quad (16)$$

La fonction de la probabilité de répartition sans défaillance des goutteurs Aqua Traxx est:

$$R(T) = 1 - F_T(T) = \exp \left[ - \left( \frac{T}{512.4} \right)^{7.068} \right] \quad (17)$$



**Fig. 3** Après la finition des essais in situ sur la parcelle du système d'irrigation goutte à goutte «Azzouz Abdallah EAC 33" aux alentours de la ville de Zeralda. Algérie.



a) silver drip

b) T-Tape

c) aqua traxx

**Fig. 4** Goutteurs avant des essais in situ avec le lavage et l'apport d'engrais minéraux,



a) silver drip

b) T-Tape

c) aqua traxx

**Fig. 5** Goutteurs après la finition des essais in situ avec le lavage et l'apport d'engrais,

## CONCLUSION

L'intensité de la variation du débit moyen des goutteurs  $q_c$ , du coefficient de variation des débits  $V_q$ , du coefficient d'uniformité d'amenée du débit des goutteurs  $K_p$ , dépend de la qualité de l'eau d'arrosage.

Les goutteurs Aqua traxx ont fonctionné d'une façon stable seulement durant une année et demie. Afin d'augmenter la durée de stabilité du système, il est opportun de respecter les recommandations suivantes:

- la turbidité moyenne de l'eau doit être dans la gamme de 2,25 à 60 NTU, à condition que le lavage de la conduite d'arrosage dure 20 mn, d'où l'utilisation du dispositif de lavage (Guryn et al., 2011) dont l'efficacité a été prouvée pendant les essais au laboratoire.

Les données de recherche traitées sur site de fonctionnement des goutteurs Aqua traxx ont montré qu'au niveau de signification  $\alpha = 0,1$ , d'après le critère de Kolmogorov, tous les graphiques de dépendance  $F(T)$  peuvent être approchés par la répartition de Weibull. Les paramètres  $a$  et  $b$  dépendent de la construction des goutteurs, de la qualité de l'eau d'arrosage et des conditions d'exploitation.

Ainsi, les relations citées permettent d'élaborer une méthode générale de l'estimation du temps moyen de fonctionnement entre deux défaillances successives des goutteurs. Celles-ci reflètent la destination du système, caractérisant son état de fonctionnement qui est basé sur les positions de la théorie de fiabilité et de probabilité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ESTU ISO 9261:2004 Matériel d'irrigation. Réseau des rampes avec des goutteurs du système goutte à goutte: conditions techniques et méthodes d'essais. – Entr. 01.01.2006-. –К. Standard d'état. Ukraine, 2005-10p. (trad. Ukrainienne: ДСТУ ISO 9261:2004. Національний стандарт України. Іригаційне устаткування. Мережі трубопровідні з водовипускальними трубами: технічні вимоги та методи випробовування. – Введ. 01.01.2006– К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с.)

ESTU 3433-96, 1997 Technologie de la fiabilité. Modèle défaillant–К. Standard d'état. Ukraine, 1997-41p. (trad. Ukrainienne :Надійність техніки. Модель відмов ДСТУ 3433-96. – К. Держстандарт України, 1997-41 с.)

- Tokar A.I. (1986) Modification des caractéristiques hydraulique des goutteur pendant l'opération. Hydromelioration et ouvrage hydrotechnique. -Lvov, 1986. – no 14. -P. 49-51.( trad. Russe : Токар А.И. Изменение гидравлических характеристик капельниц в процессе эксплуатации // Гидромелиорация и гидротехническое строительство. – Львов, 1986. – №14. – С. 49-51.)
- Guryn V.A., Tokar O.I, Tokar L.O, Meddour Ahmed salah eddine. appareil pour le nettoyage des tubes à goutteurs système d'irrigation goutte à goutte. brevet 58358 Ukraine. demandeur Université nationale de l'aménagement hydraulique et de gestion de l'environnement (trad. Ukrainienne: Гурин В. А , Токар О І, Токар Л .О ,Меддур Ахмедсалахеддін, Пристрій для промивки поливного трубопроводу системи краплинного зрошення Патент 58358України заявник і патентовласник національний університет водног господарство та природокористування № u2010 11244, заявл.20 09 2010, опубл 11 04 2011 Бюл №7, МПК(2011.01)А 01 G 25/00).
- Naumenko I.I. Fiabilité des structures et des systèmes de irrigation et drainage, Guide d'étude, Kiev, ISDO,1994. – 424p. (trad. Ukrainienne: Науменко І.І.Надійність споруд гідромеліоративних систем: Навч. посібник/ –К.: ІСДО, 1994. -424с.
- Naumenko I.I. Éstimation de la fiabilité des équipements des ouvrages hydrauliques (Monographie). – NUWMNRU Rivne, 2006. – 182 p. (trad. Ukrainienne:Науменко І.І. Оцінка надійності водогосподарських об'єктів: (Монографія). – Рівне НУВГП, 2006– 182 с.)
- Naumenko I.I, Malantchuk Z.R, Tokar A.I. (1986) les recommandations concernant la recherche de la fiabilité et la disponibilité des fonctionnalités d'irrigation goutte-à-goutte. NTE : 33.03.002-86. – К: ministère de ressources aquatiques (USSR) ,1986. – 68 p.(trad. Russe : Рекомендации по исследованиям надежности и работоспособности элементов систем капельного орошения. НТД 33.03.002-86. – К.: Минводхоз УССР, 1986. – 68 с.)
- Naumenko I.I, Yeroshkin Y.M. Détermination des lois de distribution numériques de variables aléatoires à l'aide de PC / irrigation et drainage et des ouvrages hydrauliques - Rivne, 2001. - № 26. - 75-83p. (trad. Ukrainienne:Науменко І.І., Єрошкін Ю.М. Визначення числових законів розподілу випадкових величин за допомогою ПЕОМ / Гідромеліорация та гідротехнічне будівництво - Рівне, 2001р. - № 26. - С. 75-83.
- Matériel d'irrigation. Les goutteurs du système goutte à goutte: conditions techniques et méthodes d'essais. – Entr. 01.01.2005-ESTU ISO

9260:2003. –К. Standard d'état. Ukraine, 2005-8р. (trad. Ukrainienne:ДСТУ ISO 9260:2003. Національний стандарт України. Іригаційне устаткування. Водовипуски: технічні вимоги та методи випробовування. – Введ. 01.01.2005– К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 8 с.)

Méthodes d'estimation des paramètres de la fiabilité pour des données expérimentales pour ESTU 3004-95 –К. Standard d'état. Ukraine, 1995-123р. (trad. Ukrainienne :Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними ДСТУ 3004-95. – К. Держстандарт України, 1995. – 123 с.)

&&&