



**ANALYSE DIAGNOSTIQUE DU MAINTIEN EN ETAT DE
FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES D'IRRIGATION
MECANISEE PAR ASPERSION
CAS D'UNE RAMPE FRONTALE DANS LA REGION DE
BOUSSELEM, TUNISIE**

DOUH B. *, CHEHAIBI S., ZOUAGHI M.

Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott-Meriem

BP 47, 4042 Sousse, Tunisie.

*boutheina_douh@yahoo.fr

RESUME

Le propos de la présente étude est de faire un diagnostic de fonctionnement d'une rampe Frontale de 360 m de longueur, mettre en relief les problèmes qui peuvent être causés et expliquer les corrections possibles pour améliorer l'uniformité de la répartition des eaux d'irrigation et assurer un bon fonctionnement de la rampe. Ce travail consiste à étudier la variation de l'uniformité de distribution des eaux d'irrigation et le coefficient d'uniformité selon de la longueur de la rampe, la vitesse d'avancement, variation de pression et le numéro de la travée par rapport au tour central. Le diagnostic de fonctionnement a décelé que l'efficacité de la rampe est faible et inacceptable due aux anomalies détectées au niveau de quelques buses et le manque d'entretien. En effet, les résultats de l'uniformité et la pluviométrie relevés après avoir procédé à l'entretien nécessaire confirment qu'il y'ait un rôle efficace pour améliorer les performances des systèmes d'irrigation.

Mots clés: Irrigation mécanisée par aspersion, rampe frontale, uniformité de distribution de l'eau d'irrigation, entretien, efficacité des systèmes d'irrigation.

ABSTRACT

The comment of the present study is to make a diagnosis of functioning of a frontal ramp, to put the accent on the problems which can be caused and explain the possible corrections to improve the uniformity of the irrigation waters distribution and increase the performance of the sprinkler systems. This work

consists in studying the variation of the uniformity in waters distribution of irrigation by and the uniformity coefficient of the frontal ramp according to the length, the progress speed, and pressure variation. The diagnosis of functioning revealed that the efficiency of some of these devices is weak and unacceptable due to anomalies detected in some jets and lack of maintenance. Indeed, the results of the uniformity and the rainwater were made having proceeded to the necessary maintenance confirm that there is an effective role to improve the performances of the mechanized irrigation systems.

Keywords: mechanized sprinkler irrigation, frontal ramp, Uniformity of irrigation water distribution, maintenance, efficient irrigation systems.

INTRODUCTION

Si la rareté des ressources en eau ou leur limitation est une caractéristique intrinsèque du climat des pays du Maghreb, ce phénomène a semblé connaître une certaine accentuation au cours des dernières décennies marquées par des sécheresses plus fréquentes (Azouggagh, 2001). La Tunisie occupe un territoire soumis à un climat aride à semi-aride marqué par des précipitations irrégulières dans le temps et l'espace (Douh et Boujelben, 2010). Par conséquent, le régime pluvial ne pourrait plus satisfaire les besoins en eau des cultures et garantir une production agricole stable et suffisante d'où le recours à l'irrigation afin de se prémunir contre les aléas climatiques (Mailhol, 2005).

Des progrès considérables ont été réalisés pour rendre l'utilisation de l'eau plus efficace. L'irrigation par pivot central s'est rapidement répandue à partir des années 1960. Le pivot est l'un des systèmes d'irrigation modernes utilisés en agriculture pour mieux valoriser les ressources en eau, particulièrement dans les régions arides de grande culture. (Aït Houssa et al., 2009). Également, il permettait aussi d'irriguer toutes sortes de terrains, d'améliorer le rendement de l'eau, et a permis à de nombreux agriculteurs d'assurer leur production pendant les périodes de sécheresse, et d'accroître le nombre de récoltes annuelles. Il est désormais possible d'apporter aux cultures, outre l'eau d'irrigation, des engrais et produits phytosanitaires par le biais de la fertigation appliquée de manière extrêmement uniforme, précise et efficace. (Molle, 2005 et Scott, 2010).

Ce travail a pour but de faire une analyse diagnostique du maintien en état de fonctionnement des systèmes d'irrigation mécanisée par aspersion, et plus précisément, des rampes pivotantes.

MATERIEL ET METHODES

Description de la ferme

L'étude a été conduite au sein de la Société d'Exploitation et Développement Agricole du Nord (SEDAN), implantée sur la plaine d'Oued Kasseb, fait partie du gouvernorat du Jendouba, délégation Balta, Bouaouen, dans la région du Bou Salem à 3 Km de route n°6, qui s'étend sur une superficie de 978 ha.

L'étage bioclimatique subhumide où l'été est chaud et sec, l'hiver est froid et très humide, avec une pluviométrie annuelle de 776 mm et une évaporation de référence moyenne de 6mm/jour. Un des facteurs les plus gênants est le vent qui a une vitesse moyenne qui varie entre 18 et 28 km/h, le nombre de jours ventés est de 180 jours/an. Le vent dominant souffle du Nord-Ouest/ Sud-est. Le sol a une texture argilo-limoneuse. En effet ce type de sol est favorable aux grandes cultures et en particulier les cultures céréalières qui occupent la quasi-totalité des superficies exploitées. La ferme bénéficie de se trouver près du barrage barrage du Bou-Hertma donc elle s'est branchée sur le réseau collectif.

Systèmes d'irrigation utilisés

La ferme dispose d'un pivot, deux rampes frontales, 16 rampes hydrostatiques, 45 canons. L'étude a été effectuée sur une rampe frontale «BAEUR» qui a les caractéristiques relatées dans le tableau 1 ci- après.

Tableau 1: Désignation et caractérisation de la rampe pivotante étudiée

Tour central	mobile
Longueur de la rampe	360 m
Diamètre de la conduite	200 mm
Longueur de la porte à faux	15 m
Longueur de la travée	58 m
Nombre de buse	120
Nombre de travée	6
Ecartement entre asperseurs	4 m
Longueur des Cannes de descente en aluminium	1.5 m
Puissance de groupe électrogène	10 kW
Débit d'asperseur	1080 l/h
Pression d'asperseur	2 bars
Vitesse d'avancement maximale	124,6 m/h
Guidage de la rampe	Sillon

La rampe étudiée dispose des buses de type «Valmont Spray» ayant une portée de 3m et de canon d'extrémité de mêmes caractéristiques avec une porte à faux de 15 m de longueur.

Répartition pluviométrique

Les récipients utilisés pour collecter l'eau ont un diamètre de 24 cm et une hauteur de 25 cm. La distance entre deux récipients successifs est de 3 m. Les récipients sont disposés uniformément tout le long de deux lignes transversales écartées de 1 m (figure 1). Le volume d'eau récolté dans chaque récipient a été mesuré à l'aide d'une éprouvette, ainsi que la vitesse du vent a été enregistrée pendant l'essai.



Figure 1: Disposition des récipients pour mesurer la pluviométrie et l'uniformité de la distribution des eaux d'irrigation pour la rampe pivotante.

La pluviométrie moyenne P est calculée par la formule suivante:

$$P = 10 \frac{V}{S}$$

Avec

P : pluviométrie (mm)

V : Volume d'eau récolté par récipient (cm^3)

S : Section supérieure du récipient (cm^2)

Calcul du coefficient d'uniformité

Des collecteurs sont disposés longitudinalement et des autres sont disposés transversalement. Le coefficient d'uniformité longitudinale est noté (Cu_1). Le coefficient d'uniformité transversal est noté (Cu_2).

Le coefficient d'uniformité se calcule par la formule de Christiansen (1942):

$$C_u = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (|V_i - V_m| / S_i)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{V_i}{S_i}} \right]$$

Avec

C_u: Coefficient d'uniformité (%)

V_i: Volume d'eau récolté dans le récipient i (cm³)

V_m: Volume moyen de l'eau dans les n récipients (cm³)

S_i: Section supérieure du récipient i (cm²)

Analyses statistiques

L'analyse statistique est faite par le logiciel SPSS (Version 17) moyennant les tests Duncan et le test T en étudiant respectivement la comparaison multiple des moyennes et la comparaison entre deux moyennes de la répartition pluviométrique et de coefficient d'uniformité.

Le modèle utilisé est de la forme:

$$Y_i = \mu + X_i + e_i$$

Y_i: variable à expliquer

μ: moyenne de facteur pour chaque variable à expliquer

X_i: effets fixes des variables explicatives

e_i: erreur résiduelle

RESULTATS

Evaluation de la répartition pluviométrique

Effet des vitesses d'avancement sur la répartition de la pluviométrie moyenne

Pour évaluer l'effet de la vitesse d'avancement (Av) sur la pluviométrie on a choisi deux vitesses, l'une 25% et l'autre 50%:

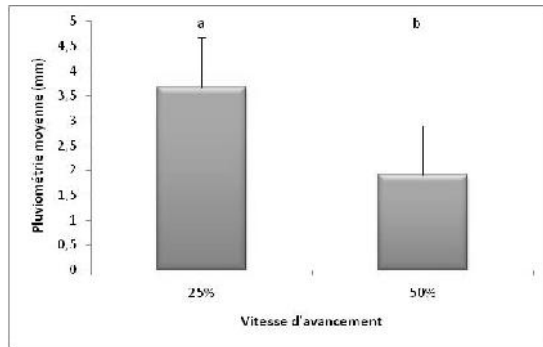


Figure 2 : Effet des vitesses d'avancement sur les pluviométries moyennes

D'après la figure ci-dessus le volume moyen récupéré par les collecteurs au niveau de la première ligne, à une vitesse d'avancement de 25%, est de 3.66 mm plus importante que celle de volume récupéré par les collecteurs de la première ligne, à une vitesse d'avancement de 50%, est de 1.89 mm. Avec un écart type respectivement 1.38 pour l'avancement 25 % et 0.68 pour l'avancement 50 %. D'où la répartition pluviométrique est plus uniforme à une vitesse d'avancement 25 % que celle de la vitesse d'avancement 50%. On a vérifié ces résultats par une analyse statistique SPSS en utilisant le test T qui donne des résultats hautement significatifs et permet de classer la répartition pluviométrique en deux groupes selon les vitesses d'avancement. On peut dire alors que la vitesse d'avancement est inversement proportionnelle à la répartition pluviométrique.

Ces résultats de l'effet des vitesses d'avancement sur la répartition pluviométrique se rassemblent avec les résultats de mesures de la répartition pluviométrique selon deux vitesses d'avancement trouvés par Douh (2004) qui a étudié l'impact de la vitesse sur la pluviométrie d'un pivot de marque «VALLEY» pour une vitesse d'avancement de 50% elle a trouvé 8.1 mm et 4.6 pour une deuxième vitesse de avancement 100%.

Effet de la variation des pressions sur la réparation pluviométrique

Pour évaluer l'effet de la pression de fonctionnement de la rampe sur la pluviométrie on a choisi deux valeurs l'une première pression de 2 bars et une deuxième pression de 2.3 bar.

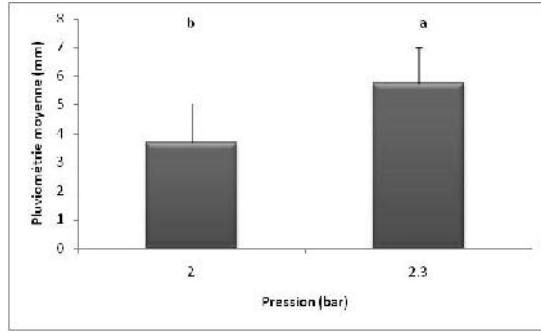


Figure 3 : Effet de la variation de pression sur la pluviométrie moyenne

D'après la figure 3, le volume moyen récupéré par les collecteurs avec une pression de 2.3 bar est de 5.74 mm est plus important que celui de récupéré à 2 bars de pression qui est de 3.66 mm. L'écart type est de 1.26 et 1.38 successivement pour une pression de 2 bars et de 2.3 bars. On peut conclure alors que la pression influe directement sur la répartition pluviométrique où la pluviométrie est sensible à la variation de la pression. le test T nous a montré que l'effet de la variation de la pression sur la pluviométrie est hautement significatif permettant de les classer en deux groupes. Ces résultats se rassemblent à celles trouvés par Jandoubi (2005) qui a étudié l'impact deux pressions différentes sur la répartition pluviométrique le long d'une rampe frontale de marque «BAEUR». En effet, pour des pressions successives de 1.6 et 2 bars, elle a trouvé des pluviométries respectives 3.1 et 3.6 mm.

Effet de la vitesse du vent sur la répartition pluviométrique

Pour évaluer l'effet de la force de vent sur la répartition pluviométrique on a choisi deux forces des vents différents, une première (V_1) de 10 m/s et une deuxième (V_2) de 21 m/s.

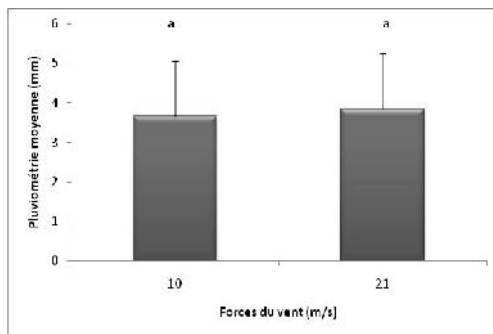


Figure 4 : Effets des forces du vent sur la répartition pluviométrique moyenne

L'observation de la variation de la pluviométrie moyenne de la figure 4 au niveau de la zone testée avec deux vitesses de vent et une pression constante égale à 2 bars montre une déformation de la répartition pluviométrique selon la direction et sa vitesse, d'une façon générale, on observe une forte variabilité entre les valeurs de la pluviométrie et une diminution de la surface mouillée. Ces résultats sont analysés par un test statistique SPSS en utilisant le test T qui a n'a détecté aucun effet de ces deux vitesses de vent sur la répartition pluviométrique.

Cela ne veut pas dire que le fonctionnement de la rampe frontale est peu sensible au vent, mais peut être expliqué par le fait que ces deux vitesses sont assez proches qu'on n'a pas pu détecter une grande variation de la pluviométrie. Molle et al. (1998), suite à leurs mesures de la pluviométrie moyenne et sa sensibilité aux vitesses du vent, ils ont trouvé que le vent est un facteur de perturbation important. Au niveau d'un asperseur individuel, la répartition spatiale de l'eau peut être fortement déformée: on observe en général une forte augmentation du maximum de pluviométrie, et une diminution de la surface mouillée. Cela implique que l'on augmente fortement, bien que localement, l'intensité de l'arrosage et que les recouvrements entre asperseurs voisins peuvent être tels que l'uniformité s'en trouve dégradée.

Répartition pluviométrique selon les travées de la rampe

Pour évaluer la répartition pluviométrique selon les travées on a choisi une vitesse du vent de 10 m/s, une pression constante de 2 bars et une vitesse d'avancement de 25%.

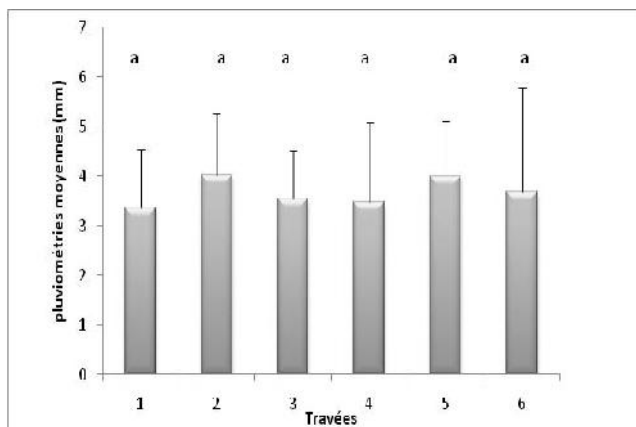


Figure 5 : Répartition pluviométrique selon les travées

La figure ci-dessus montre que la répartition pluviométrique est presque égale entre les différentes travées avec une moyenne de 3.7 mm et un écart type

variant de 0.98 à 2.01. Ces résultats sont vérifiés par une analyse statistique SPSS par le test Duncan qui donne des résultats non significatifs.

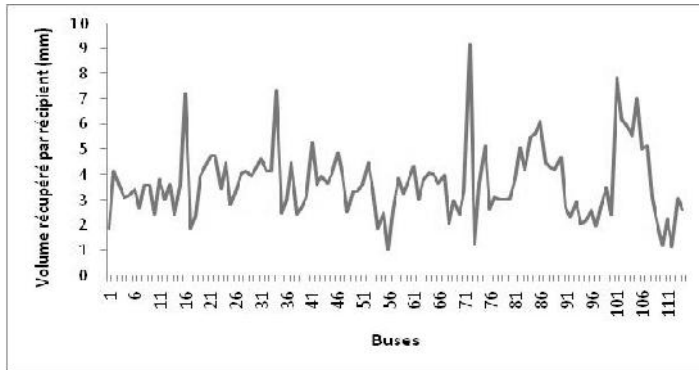


Figure 6 : Détection des anomalies des buses

D'après cette courbe, on détecte des anomalies au niveau de certaines buses (travée 1: la buse 16, travée 2: la buse 34, travée 4: la buse 72, travée 5: les buses 86 et 101 et la travée 6: la buse 105), ce s'explique par la présence de fuites importantes au niveau de ces dernières. Contrairement à la distribution pluviométrique au niveau des buses 17, 56, 73 et 110 qui est inférieure à celle de la pluviométrie moyenne traduisant un colmatage des buses par les rouilles qu'il faut l'entretenir.

Variation de la pluviométrie selon les lignes

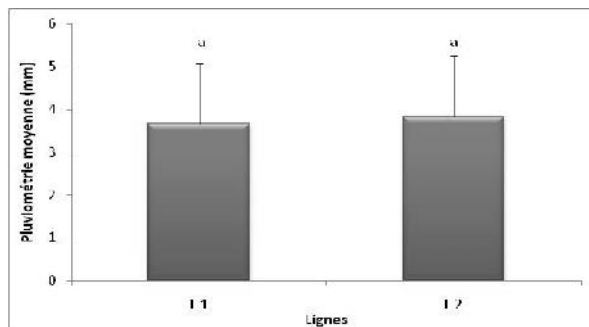


Figure 7 : Pluviométrie moyenne selon les lignes

La figure 7 montre que qu'il n'y a pas une variation pluviométrique selon les lignes. Elle est de 3.66 mm pour la ligne 1 et de 3.88 mm pour la deuxième ligne avec une. Avec un écart type respectivement de 1.38 et 3.41.

Evaluation des coefficients d'uniformité d'arrosage de la rampe frontale

Après les tests d'uniformité réalisés sur la rampe frontale, on a enregistré un coefficient d'uniformité variant de 70% à 80%. Ce résultat n'est pas en accord avec les normes des essais du CEMAGREF (80% à 95%), donc la machine n'est pas en bonne état de fonctionnement de point de vue uniformité d'arrosage. En se référant au graphique de la figure 6 et à partir de la comparaison entre les deux courbes de la répartition des débits des buses sur toute la longueur de la rampe, on peut dire que les buses ne sont pas en bonne état de fonctionnement.

Effet de la variation des vitesses d'avancement sur les coefficients d'uniformité

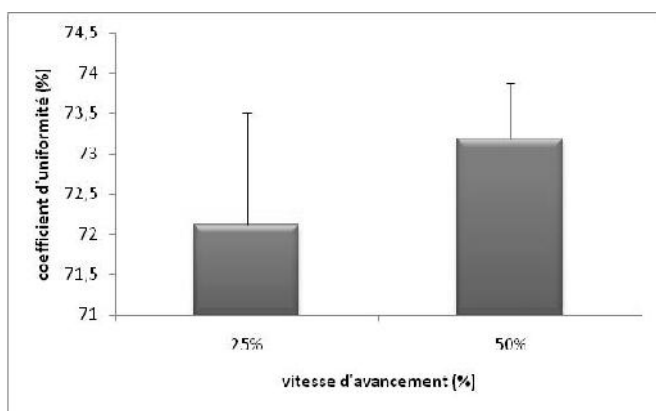


Figure 8 : Effet de la vitesse d'avancement sur le coefficient d'uniformité

Le coefficient d'uniformité est de 72.11% pour une vitesse d'avancement de 25% et de 73.19% pour une vitesse d'avancement 50% (figure 8), avec un écart type varie de 0.68 pour une vitesse d'avancement 50% à 1.38 pour une vitesse d'avancement de 25%. Donc on peut conclure que les vitesses d'avancement de la rampe frontale et les coefficients d'uniformité sont inversement proportionnels c.à.d. plus la vitesse d'avancement est importante, plus le coefficient d'uniformité diminue. Ces résultats se rassemblent avec les résultats trouvés par Douh (2004) qui a trouvé que les coefficients d'uniformité augmentent si la vitesse d'avancement de la machine d'irrigation diminue.

Effet de la variation de la pression de fonctionnement sur les coefficients d'uniformité

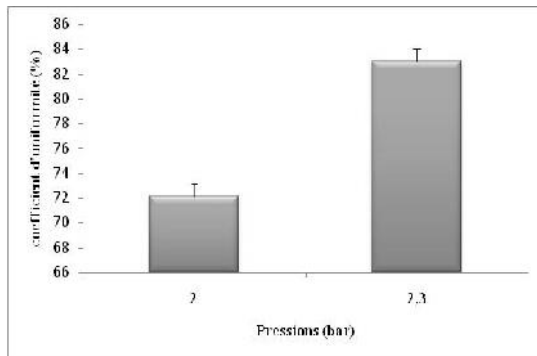


Figure 9 : Effet des pressions sur le coefficient d'uniformité

D'après les résultats obtenus par la figure 9, on peut suggérer, une sensibilité du coefficient d'uniformité à la variation de la pression où on note un passage du coefficient d'uniformité d'une valeur de 72.11% pour une pression de 2 bars à une valeur de 82.99% pour une pression de 2.3 bars. Avec un écart type varie de 1.26 pour une pression de 2.3 bars à 1.38 pour une pression de 2 bars. Donc le coefficient d'uniformité est directement influençable par la variation de pression. Ces résultats se rassemblent avec les résultats trouvés par Douh (2004) de l'effet de la variation des pressions sur les coefficients d'uniformité pour un pivot et les résultats de Jandoubi (2005) pour une rampe frontale.

Effet de la variation des forces du vent sur le coefficient d'uniformité

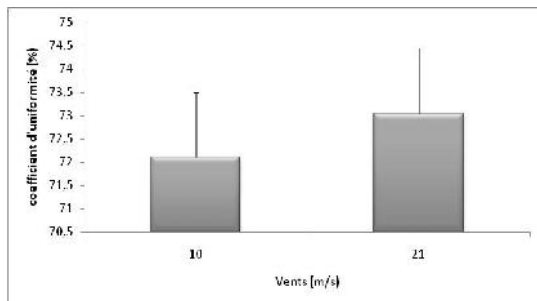


Figure 10 : Effet de la variation de la vitesse du vent sur le coefficient d'uniformité avec une pression constante 2 bars

L'observation de la variation des coefficients d'uniformité au niveau de la zone testée avec deux vitesses de vent et une pression constante égale à 2 bars montre une légère variation du coefficient d'uniformité selon la direction et la vitesse du vent. Donc le coefficient d'uniformité est plus uniforme et de l'ordre de 73.04% pour une forte vitesse de vent 21 m/s que celle d'une faible vitesse de

vent 10 m/s qu'est de l'ordre de 72% avec un écart type successive 1.41 et 1.38. Mais ces résultats ne sont pas toujours valables car la vitesse et la direction du vent sont variables. Alors on peut déduire que le fonctionnement de la rampe frontale est très sensible au vent.

Ces résultats se contredit avec les résultats trouvés par Molle (2005), qui a trouvé que l'effet sur l'uniformité de l'irrigation est plus faible que pour les autres systèmes d'arrosage par aspersion. Selon James et Blair (1984), l'uniformité aurait même tendance à augmenter avec la vitesse du vent tant qu'elle ne dépasse pas 4 m/s.

Effet des travées sur les coefficients d'uniformité

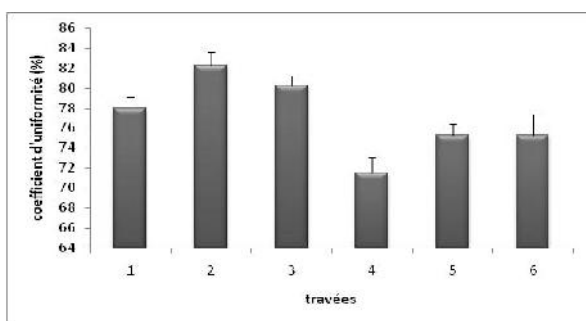


Figure 11 : Variation des coefficients d'uniformité selon les travées avec une vitesse d'avancement 25% une pression 2 bars et une force de vent faible 10 m/s

La figure 11 montre une forte hétérogénéité du coefficient d'uniformité entre les travées qui donne un maximum de 82.27% pour la deuxième travée et un minimum de 71.46% pour la quatrième travée avec un écart type respectivement de 1.29 et de 1.59. Ça nous permet de déterminer les zones des fuites c'est-à-dire les zones des buses colmatées.

Comparaison entre le coefficient d'uniformité longitudinale et le coefficient d'uniformité transversale

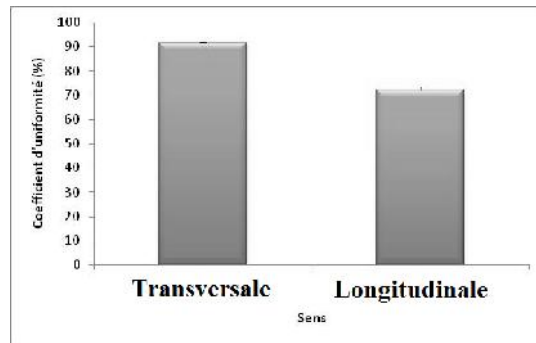


Figure 12 : Variation des coefficients d'uniformité selon le sens d'avancement de la rampe

La figure 12 montre que le coefficient d'uniformité transversale: 91.52% pour une vitesse d'avancement de 25% et une pression de 2 bars est plus uniforme et importante que le coefficient d'uniformité longitudinale: 72.11% avec un écart type varie de 0.32 à 1.38.

Propositions d'améliorations

Vu les problèmes rencontrés lors de l'observation générale et l'étude diagnostique de fonctionnement de la rampe frontale de marque «BAUER» dans la région du Bou Salem, on propose quelques solutions pour améliorer les performances d'arrosage et de fonctionnement. Parmi ses solutions on site:

- Installation d'un filtre à la tête de la rampe pour empêcher le passage des impuretés;
- Changement de toutes les buses usées de la rampe par des nouvelles buses identiques en ajoutant des régulateurs de pression pour réduire les écarts de pression et stabiliser le débit;
- Ajout d'une pompe doseuse qui permet d'ajouter les acides en cas d'un problème de colmatage;
- Peinture spéciale à froid anti-oxydation;
- Arrosage à faible pression pour économiser l'énergie;
- Ajustement du débit en fonction du sol et des besoins des cultures.

Le tableau 2 présente les coûts d'achat des quelques éléments correctifs.

Tableau 2 : Facture des éléments correctifs à acheter

Désignations	Quantité	Prix unitaire brut (Dinars Tunisien)	Prix net total (Dinars Tunisien)
Buse	120	2,713	325,56
Pompe doseuse	1	1396,550	1396,550
Filtre à tamis	120	10,230	1227,6
Coût total (dinars)			2949,656

Il faut changer l'huile des réducteurs au moins tous les 3 ans, en conditions normales d'utilisation. Si la machine fonctionne plus de 1000 heures par an, changez l'huile tous les ans ou tous les 2 ans.

CONCLUSION

L'étude a montré que l'adoption d'un programme d'entretien et le respect du plan de busage donné par le constructeur ont permis d'améliorer l'uniformité de la distribution des eaux d'irrigation et de garantir un bon fonctionnement du pivot mis en œuvre. Pour améliorer la rentabilité, il faut respecter les points suivants:

- Un bon réglage de la vitesse d'avancement de la rampe est nécessaire pour respecter les besoins de la plante aussi que les paramètres édaphiques: perméabilité, texture du sol et doses d'irrigation souhaitables.
- Un entretien permanent au cours de la campagne et pendant l'hivernage.
- Une utilisation des cannes de descente de même longueur pour minimiser l'effet du vent.
- Une vérification de l'état des buses (obstruction, fuites, colmatage ou usure) et de leur remplacement éventuel par des buses d'origine.
- Un diagnostic de fonctionnement et un contrôle de l'uniformité de l'irrigation au moins une fois par an.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à tout le personnel de la Société d'Exploitation et Développement Agricole du Nord «*SEDAN*», particulièrement, à Monsieur *Abid ABIDI*, Ingénieur, qui n'a pas hésité à minimiser les contraintes pratiques rencontrées lors de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aït HOUSSA A., BOUSLAMA A., BARAKA M., EL MIDAOUI M. BENBELLA M. (2009). L'utilisation du centre pivot pour l'irrigation: expérience des Domaines Agricoles du Maroc, Transfert de technologie en agriculture. Bulletin Mensuel de Liaison et d'Information du PNTTA, N°177- Juin 2009.
- AZOUGGAGH M. (2001). Matériel d'irrigation: choix, utilisation et entretien, Transfert de technologie en agriculture, Bulletin Mensuel de Liaison et d'Information du PNTTA, N°81- Juin 2001.
- CHRISTIANSEN J. E. (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station, Bulletin N°670.
- DOUH B. (2004). Evaluation de l'aspersion mécanisée de l'eau d'irrigation dans la région de Kairouan-cas de rampe pivotante, projet de fin d'étude, p 80.
- DOUH B., BOUJELBEN A. (2010). Water saving and eggplant response to subsurface drip irrigation, Agricultural Segment Journal, Vol. 1 Number 2, 1525.
- JAMES, L.C., BLAIR, S.K. (1984). Effect of wind on center pivot application uniformity. *ASAE paper*, n 84,2581,p10.
- JANDOUBI N. (2005). Etude de l'efficacité de l'irrigation par une rampe combinée pivot frontale, projet de fin d'étude, p 70.
- MAILHOL J.C. (2005). Contribution à la maîtrise de l'irrigation et de ses impacts, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, UR Irrigation CEMAGREF Montpellier, p18
- MOLLE B., DENIS B., SAM H. (1998). Choix du busage et conduite de l'irrigation par pivots -Prise en compte de la capacité d'infiltration du sol, Irrigazette n° 43, Ingénieries EAT N°13, p57-69.
- MOLLE B. (2005). Choix des matériels d'irrigation en fonction de leurs performances – Des adaptations possibles pour une meilleure maîtrise des arrosages. Colloque SIMA «Eau et Agriculture Durable», Mars 2005.
- RIEUL L. (1997). Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. CIHEAM, Cahier Options Méditerranéennes, Sér. A, N°31,233- 353.
- SCOTT W.W. (2010). Collector size effect on the measurement of applied water depth from irrigation systems. Master of Science, Kansas State University, 86p.