

# Diagnostic de fonctionnement d'une rampe frontale adoptée dans une grande exploitation irriguée du Nord-Ouest Tunisien

Y. M'SADAK<sup>1</sup>, A. MANAI<sup>1</sup>, N. EL JANDOUBI<sup>1</sup>, M. E. HAMZA<sup>2</sup>

(Reçu le 09/12/2016; Accepté le 20/01/2017)

## Résumé

Le présent travail consiste à diagnostiquer le fonctionnement au champ d'une rampe frontale, système d'aspersion mécanisée utilisé lors de sa première campagne, chez la Société des Fermes Laitières (SFL), sise à la délégation de Medjez El Bab, gouvernorat de Béja (Nord-Ouest de la Tunisie) et d'apprécier la qualité de l'arrosage réalisé. Cette investigation a touché l'évaluation de la répartition pluviométrique et du coefficient d'uniformité ainsi que les modifications éventuelles du plan de busage adopté selon le plan recommandé par le constructeur, d'une part, en faisant appel au contrôle de la conformité entre plans de busage théorique et pratique tout en substituant les buses non appropriées par des buses à partir d'autres rampes, et d'autre part, au testage de l'uniformité de répartition de l'eau. Les tests d'uniformité, réalisés sur l'allée de la rampe, ont couvert une gamme de vitesses du vent dominant de 0,7 à 5,9 m/s et une gamme de pressions de 1,8 à 3,5 bars. Le diagnostic de fonctionnement a repéré que le système rampe frontale étudié était capable de produire une répartition de l'eau homogène, tout en enregistrant un coefficient d'uniformité passant de 94,8% sous vent faible à 89,6% sous vent fort. En outre, le plan de busage indiqué par le constructeur a été respecté, tout en assurant un bon fonctionnement des buses correspondantes. Certainement, le recours ultérieur à un tel système d'aspersion mécanisée, est une solution intéressante, étant donné également sa bonne efficacité (Coefficient d'uniformité de l'ordre de 94%) à faible pression (1,8 bars) et sous vent modéré (2,4 m/s).

**Mots clés:** Aspersion mécanisée, Rampe frontale, Plan de busage, Répartition pluviométrique, Coefficient d'uniformité

## Abstract

The present work consists of diagnosing the operation of a frontal ramp, a mechanized sprinkler system used during its first campaign, at the Société des Fermes Laitières (SFL), located at the Medjez El Bab delegation, governorate of Béja (North-West of Tunisia) and to appreciate the quality of watering carried out. This investigation concerned the assessment of the rainfall distribution, the coefficient of uniformity and possible changes to the adopted nozzle plan in accordance with the manufacturer's recommendation. On the other hand, by checking theoretical and actual conformity while substituting the nozzles not suitable by nozzles from other ramps and testing the uniformity of distribution of the water. The uniformity tests carried out on the aisle of the ramp covered a dominant wind speed range of 0.7 to 5.9 m/s and a pressure range of 1.8 to 3.5 bar. The operating diagnosis found that the frontal ramp system studied was capable of producing a homogeneous water distribution, while recording a coefficient of uniformity going from 94.8% in low wind to 89.6% in strong wind. In addition, the nozzle plan indicated by the manufacturer has been respected, while ensuring proper operation of the corresponding nozzles. Certainly, the use of such a mechanized sprinkler system is an interesting solution, given also its good efficiency (uniformity coefficient of the order of 94%) at low pressure (1.8 bars) and under moderate wind (2.4 m/s).

**Keywords:** Mechanized sprinkler, lateral ramp, Nozzle plan, water distribution, Coefficient of uniformity

## INTRODUCTION

L'eau a toujours été un facteur conditionnant la productivité des terres agricoles, mais l'insuffisance des précipitations qui entraîne un déficit hydrique au niveau des cultures empêche d'atteindre une production optimale. A ce propos, en Tunisie, les précipitations sont généralement insuffisantes et variables dans le temps et l'espace. Elles sont en moyenne de 594 mm au Nord, de 289 mm au Centre et n'est que de 156 mm dans le Sud du pays (MEDD, 2009). Pour remédier à ce déficit en eau, l'irrigation devient nécessaire pour l'agriculture, afin de régulariser la production des régions à déficit pluviométrique.

Le secteur irrigué en Tunisie, qui contribue pour 32% de la production totale et 20% de l'exportation agricole (Ministère de l'agriculture, 1997), est le plus grand consommateur des ressources en eau. En effet, cette grande consommation a présenté 83,4% du total des prélèvements d'eau (Ministère de l'Agriculture, 1994). Face à cette situation, l'irrigation a pris plusieurs formes, pour

mieux valoriser l'utilisation de l'eau, entre autres, l'irrigation par aspersion qui consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle (Louis Jean, 2009) et permet d'économiser l'eau dans une proportion allant jusqu'à 50% par rapport à l'arrosage par ruissellement (Olier et Poirée, 1983). Selon Brouwer et al. (1990), cette méthode convient aux cultures en lignes, de plein champ et à l'arboriculture.

L'évolution technique des systèmes d'irrigation par aspersion a été influencée par le souci d'économiser de la main d'œuvre et de diminuer la pénibilité du travail (Mailhol, 2001). Au début, il s'agissait d'un système de tuyaux à déplacement manuel avec des arroseurs montés verticalement, pour s'orienter enfin vers la conception de machines d'aspersion, telles que les rampes mécanisées d'arrosage par aspersion (Valmont, 1994).

L'irrigation par la rampe frontale, un des systèmes d'irrigation mécanisée par aspersion, a été inventée aux USA vers la fin des années 40. Cette technologie n'a été déve-

<sup>1</sup> Institut Supérieur Agronomique - BP 47, 4042 Chott-Mariem, Université de Sousse, Tunisie. Email: msadak.youssef@yahoo.fr

<sup>2</sup> Institut National Agronomique - 43, Avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis- Mahrajène, Université de Carthage, Tunisie

loppée au Moyen- Orient (Arabie saoudite, Jordanie) et en Afrique du Nord (Maroc, Libye, Tunisie, Algérie) qu'à partir des années 70-80 (Aït Houssa et *al.*, 2009). Elle convient à l'irrigation des grandes surfaces. Ces machines se déplacent en translation tout en arrosant. Elles sont guidées par une tour motrice qui fournit ou reçoit l'énergie. En général, ces appareils sont conçus pour arroser des parcelles rectangulaires, de faible largeur et de grande longueur (CEMAGREF, 1992).

Le travail entrepris vise l'analyse diagnostique du maintien en état de fonctionnement d'une rampe frontale adoptée à la Société des Fermes Laitières (SFL), relevant du Nord-Ouest Tunisien.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Présentation générale du site d'étude

L'étude a été effectuée au sein de la SFL, sise à la délégation de Medjez El Bab (Figure 1), gouvernorat de Béja (Nord-Ouest Tunisien).



Figure 1: Localisation de la zone d'étude (Souissi, sd)

Il existe à Béja deux types de climats: au Nord, un climat humide avec une pluviométrie entre 600 et 1200 mm, et au Sud, un climat assez sec avec une pluviométrie entre 350 et 450 mm (Souissi, sd). Le recours à l'irrigation est une nécessité dans le Sud du gouvernorat.

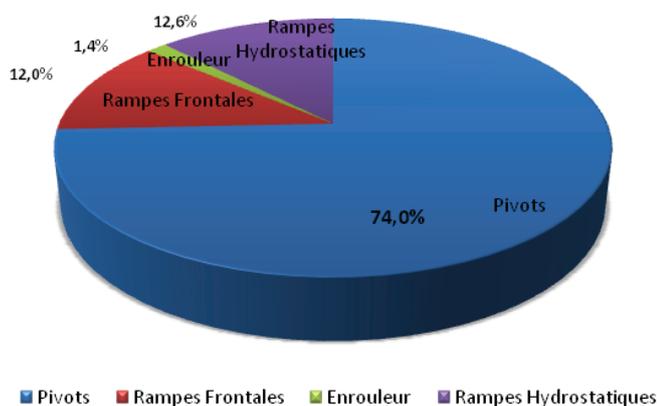


Figure 2: Taux d'utilisation des systèmes mécanisés d'irrigation adoptés par rapport aux superficies irriguées dans le gouvernorat de Béja

Selon le Ministère de l'Agriculture (2003), le gouvernorat de Béja dispose des systèmes d'aspersion mécanisée classés comme suit: 22 Pivots couvrant une superficie de 1073 ha, 3 rampes frontales (174 ha), un enrouleur (20 ha) et 14 rampes hydrostatiques (177 ha). La Figure 2 illustre l'importance relative de chaque type de matériel d'aspersion mécanisée au niveau de cette région.

### Caractérisation technique du système d'aspersion mécanisée étudié

L'étude a été effectuée sur une rampe frontale de type «VALMONT» dont les caractéristiques techniques sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractérisation technique de la rampe frontale étudiée (Valley, sd)

Descriptif technique de la rampe	
Marque & Origine	VALMONT & États-Unis
Tour centrale	Déplaçable linéairement
Longueur du système (m)	300
Longueur du champ irrigué (m)	2700
Diamètre de la conduite (mm)	168
Longueur du porte à faux (m)	25,08
Longueur d'une travée (m)	54,8
Nombre de buses	102
Nombre de travées	5
Espacement entre asperseurs (m)	2,88
Canne de descente flexible	Calée par rapport au sol: 2 m
Identification & Puissance du groupe électrogène	DEUTZ F 2 L1011 & 10 kW
Débit total d'alimentation (m <sup>3</sup> /h)	180
Pression de service (bars)	2,7
Vitesse d'avancement maximale (m/h)	123,81
Guidage de la rampe	Par sillon

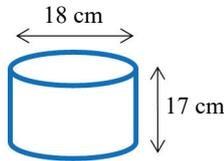
Les essais ont été effectués dans des conditions conformément à la Norme ISO 11545 (ISO, 2001) et aux recommandations expérimentales du CEMAGREF, tout en faisant aussi appel à la Norme ISO 7749 (ISO, 1995), relatives au calcul de la pluviométrie moyenne.

### Appréciation de la répartition pluviométrique

Le souci majeur de l'irrigant est de faire pénétrer l'eau dans le sol le plus rapidement possible pour limiter la stagnation et le ruissellement (Molle et *al.*, 1998). Selon Kay (1983), la pluviométrie dépend du diamètre des buses, de la pression de service et de l'écartement des asperseurs sur la rampe d'arrosage. La mesure de la pluviométrie a été accomplie en faisant varier deux paramètres, la vitesse du vent et la pression de fonctionnement qui ont une grande incidence sur l'uniformité d'arrosage. En effet, le facteur le plus important à prendre en compte dans l'évaluation des pertes est le transport par le vent hors de la zone d'arrosage (ou dérive). La dérive peut entraîner des pertes pouvant atteindre 40%, sachant que l'effet aggravant du vent est surtout sensible à partir d'une vitesse de 4,5 m/s

(Huber, 1991) du fait d'une probable modification de la taille des gouttes (De Boer et Kohl, 1993). Tout asperseur (ou buse) est conçu pour fonctionner à l'intérieur d'une plage de pression donnée. Hors de cette plage de fonctionnement, l'asperseur change de caractéristiques.

Pour recueillir le volume d'eau délivré, 230 pluviomètres ont été utilisés, ayant chacun un diamètre de 18 cm et une hauteur de 17 cm.



Ces récipients ont été disposés selon deux lignes transversales, écartées de (2,5 m x 2m) comme illustré sur la figure 3.

Le volume d'eau collecté dans chaque récipient a été mesuré à l'aide d'une éprouvette, de même la vitesse du vent a été enregistrée pendant l'essai à l'aide d'un anémomètre installé à une hauteur de 2 m sur un rayon de 200 m du site d'essai.

La pluviométrie moyenne P est calculée par la formule suivante:

$$P = 10 V/S$$

Avec:

P: Pluviométrie (mm)

V: Volume d'eau collecté par récipient (cm<sup>3</sup>)

S: Section supérieure du récipient (cm<sup>2</sup>)

Calcul du coefficient d'uniformité

De nombreux paramètres ont été proposés pour exprimer de façon synthétique la qualité des résultats obtenus à partir des mesures expérimentales, mais selon Tiercelin et Vidal (1998), un seul de ces paramètres, bien que très ancien, est utilisé dans tous les pays : il s'agit du coefficient d'uniformité de Christiansen.

Assurer une répartition uniforme de l'eau, s'avère une tâche assez délicate pour les raisons suivantes:

- L'uniformité d'arrosage est tributaire des débits des divers asperseurs. Or, conformément à la loi des orifices, le débit d'un arroseur dépend de la pression de service, du diamètre de la buse et du régime hydraulique;
- Pour circonscrire la variation du débit le long de la rampe dans une gamme acceptable, Christiansen propose

de limiter la longueur de la rampe à une valeur telle que la variation relative à la pression ( $\Delta P/P$ ) n'excède pas 20% (Tounsi, 1997);

- La présence des plantes sur la parcelle modifie l'uniformité de la répartition de l'eau selon Seguiet (Tounsi, 1997);
- L'angle du jet peut varier d'un poste à un autre suite à la variation de la verticalité de l'asperseur en cas de terrains accidentés (Keller et Bleisner, 1990);
- L'uniformité est tributaire du taux de recouvrement, de la direction et de la vitesse du vent.

L'uniformité sous la deuxième travée des rampes d'asperision est appréciée par la formule de Christiansen (1942) qui était le premier à étudier l'uniformité de distribution au moyen d'un coefficient d'uniformité:

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

Avec:

Cu : Coefficient d'uniformité (%)

V<sub>i</sub> : Volume d'eau récolté dans le récipient i (cm<sup>3</sup>)

V<sub>m</sub> : Volume moyen de l'eau dans les n récipients (cm<sup>3</sup>)

S<sub>i</sub> : Section supérieure du récipient i (cm<sup>2</sup>)

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Appréciation générale

En se référant à la figure 4 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 sont en bon état de fonctionnement.

Le montage du même type de buses sur toute la longueur de la conduite donne une droite horizontale, sauf que l'on constate une baisse des débits à intervalle régulier égal à la longueur d'une travée, ce qui est expliqué par l'utilisation de buses de faible diamètre au niveau de chaque tour, afin d'éviter les risques de glissement des roues.

En ce qui concerne l'évaluation de la répartition pluviométrique au champ, on s'est limité dans ce cas à la disposition des pluviomètres sous une travée (car on a le même type de buses) en ajoutant des pluviomètres avant et après trois mètres de cette dernière, en vue d'apprécier l'effet de la réduction du diamètre de la buse au voisinage de la tour ainsi que la variation de la pluviométrie d'une travée à l'autre.

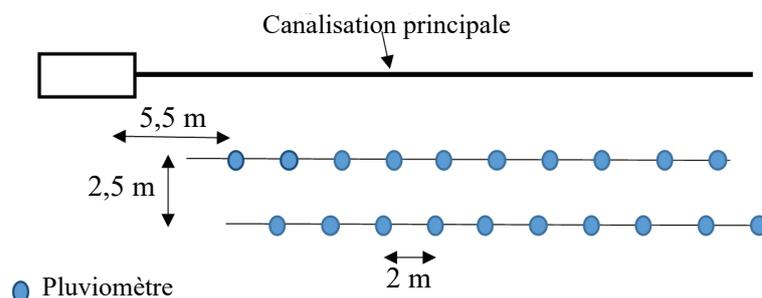


Figure 3: Disposition expérimentale des pluviomètres sous la rampe frontale suivant la Norme ISO 11545

La figure 5 montre bien qu'il s'agit d'une répartition constante avec une moyenne de 15 mm sans surdosage au niveau des tours.

La déformation de la courbe pluviométrique est d'autant plus importante que la vitesse du vent est élevée et la dimension des gouttelettes est petite (Hendawi, 2006). Ce constat sera examiné dans ce qui suit

## Qualité d'irrigation

### Effet du vent

Les courbes de la répartition pluviométrique de la figure 6 dévoilent que la répartition pluviométrique se trouve à une moyenne de 15 mm, par contre, dans le cas d'un vent de l'ordre de 5,9 m/s, cette pluviométrie s'éloigne légèrement de la moyenne dans quelques zones.

On peut déduire alors que le fonctionnement de la rampe frontale est légèrement sensible au vent.

Les histogrammes de la figure 7 montrent que l'on a un abaissement du coefficient d'uniformité qui passe de

94,8% pour un vent faible à 89,6% sous vent fort; on peut encore continuer l'irrigation avec un coefficient d'uniformité aussi élevé, ce qui donne la possibilité d'irriguer même avec une vitesse du vent un peu plus élevée.

### Effet de la pression

La figure 8 illustrant les résultats de la répartition pluviométrique, par temps calme, de trois pressions, révèle que la présence d'un régulateur de pression au niveau de chaque buse rend l'augmentation de la pression sans effet sur la moyenne de la pluviométrie délivrée. Néanmoins, dans le cas de la rampe frontale étudiée, l'accroissement de la pression entraîne une augmentation du coefficient d'uniformité qui passe de 93,5% pour une pression de 1,8 bars à 96,7% pour une pression de 3,5 bars (Figure 9).

On peut dire que l'on est dans le cas de la machine d'arrosage la moins exigeante en énergie vu que le coefficient d'uniformité reste largement élevé même avec une pression de fonctionnement jugée faible de l'ordre de 1,8 bars (Figure 9).

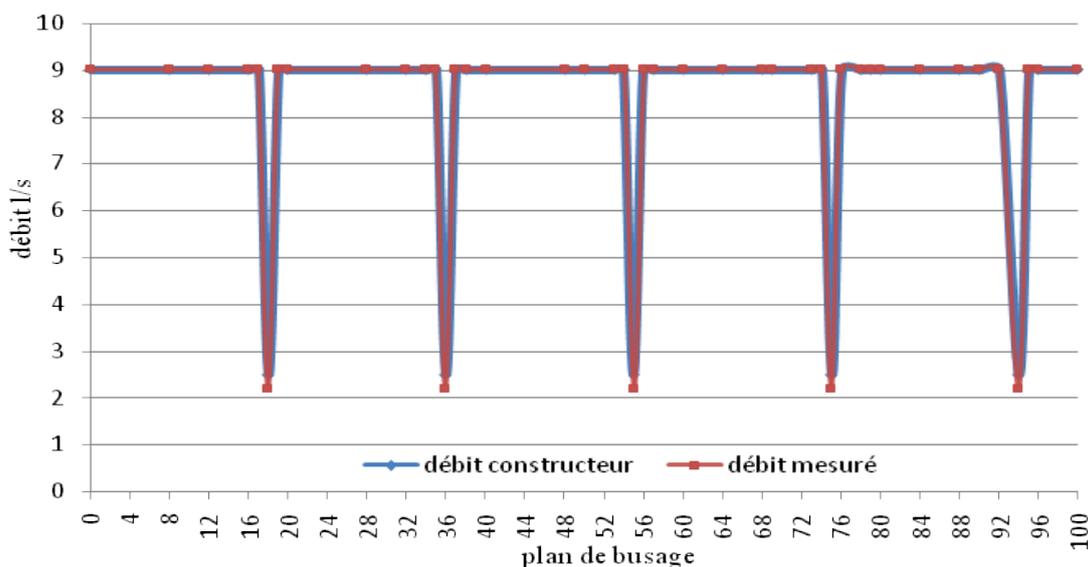


Figure 4: Conformité entre débits de busage théorique et pratique

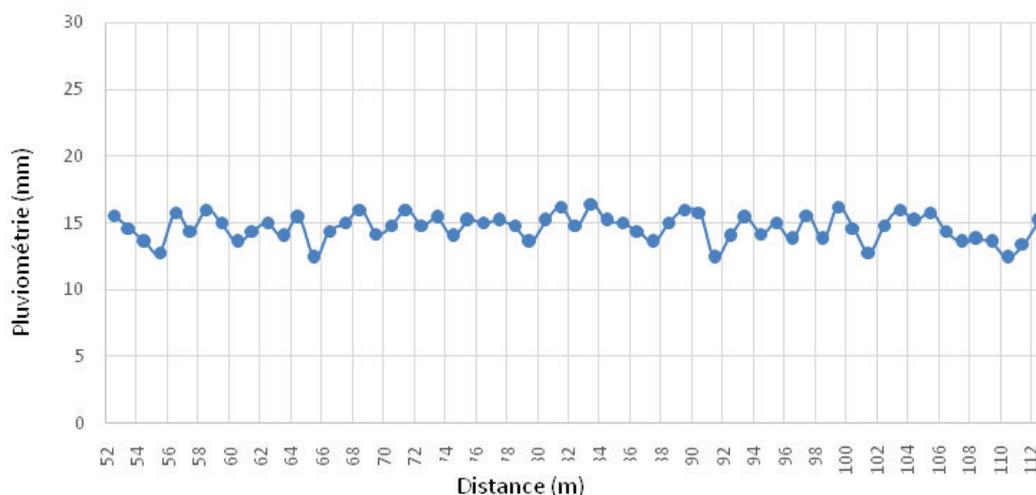


Figure 5: Répartition pluviométrique sous la deuxième travée de la rampe frontale (VALMONT) à pression constante (3 bars) et sous vent faible

**CONCLUSION**

L'étude diagnostique, entreprise au niveau de la rampe frontale, considérée la moins exigeante en énergie, a montré un plan de busage bien adapté et des buses en bon état de fonctionnement, ce qui a contribué à une répartition pluviométrique constante sans surdosage au niveau de la tour

centrale. Cet état satisfaisant des lieux justifie le maintien en état de fonctionnement de ce matériel d'arrosage testé lors de sa première campagne d'utilisation.

L'évaluation de ce système d'aspersion mécanisée a dévoilé aussi que la rampe frontale est peu sensible au vent et qu'elle est capable de produire une irrigation uniforme.

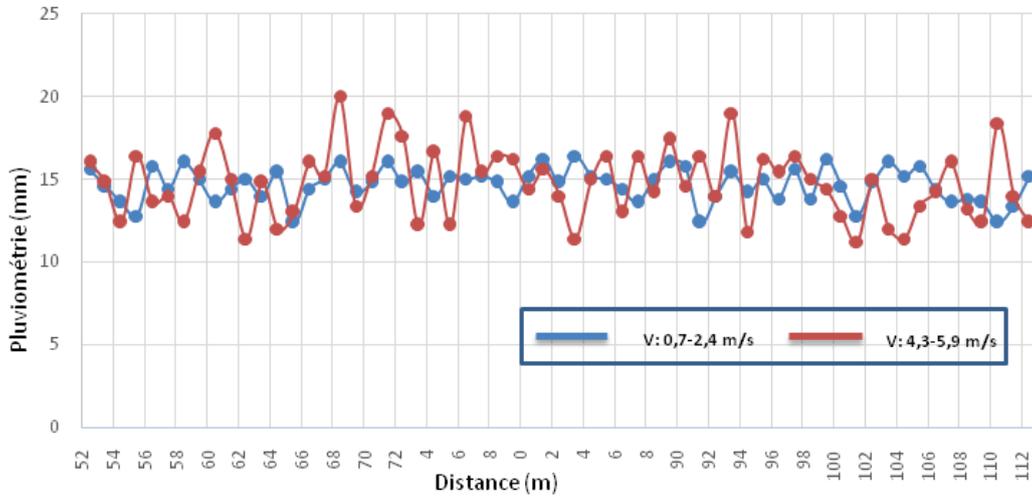


Figure 6: Effet de la variation de la vitesse du vent sur la répartition pluviométrique sous la deuxième travée de la rampe frontale (VALMONT) à pression constante (3 bars)

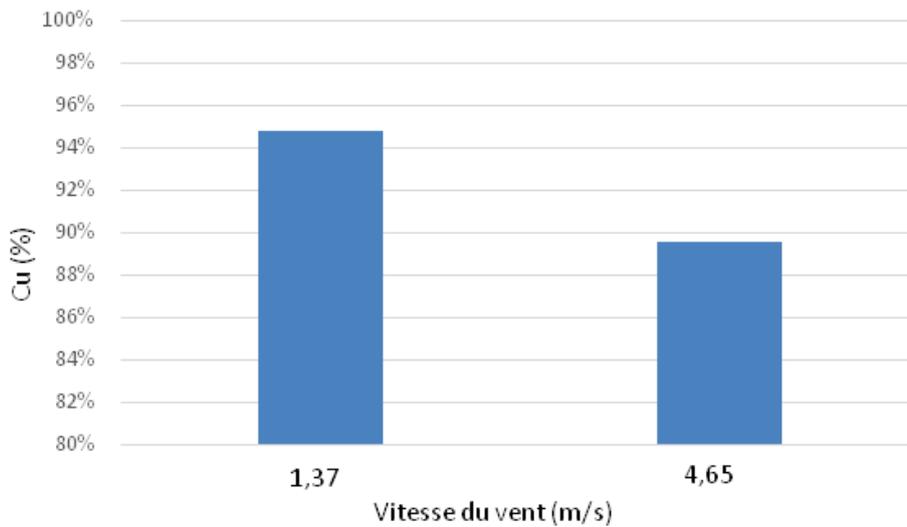


Figure 7: Effet de la variation de la vitesse du vent sur le coefficient d'uniformité de l'irrigation par rampe frontale (VALMONT) à pression constante (3 bars)

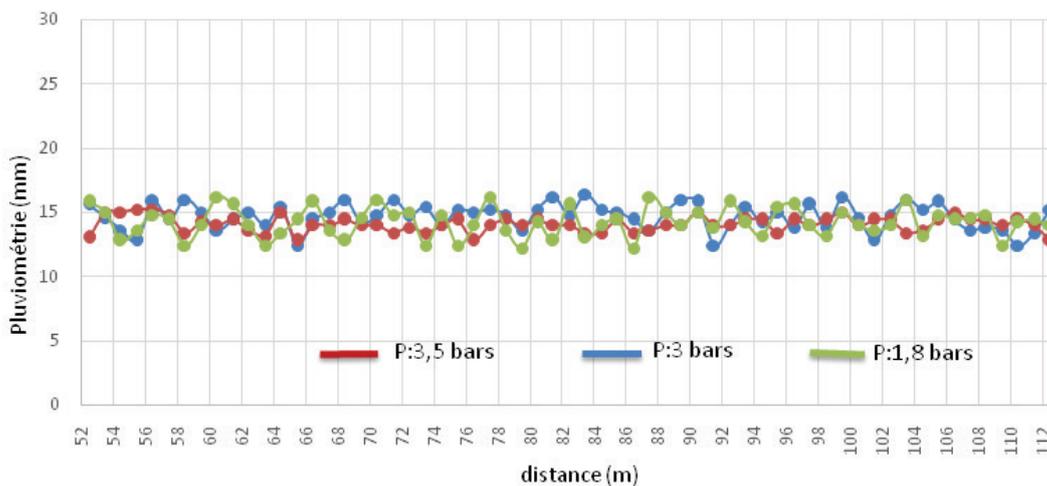


Figure 8: Effet de la variation de la pression de fonctionnement sur la répartition pluviométrique sous la deuxième travée de la rampe frontale (VALMONT) avec vitesse du vent (0,7-2,4 m/s)

Néanmoins, cette machine distribue une très forte intensité d'eau pouvant dépasser la capacité d'infiltration de certains sols. En cas d'impossibilité de réaliser la contrainte à propos l'intensité, plusieurs solutions pourraient être envisagées:

- Accroissement de la pression de fonctionnement pour renforcer la portée des asperseurs;
- Réduction de la dose journalière, en vue de garantir la fourniture de la dose nécessaire en période de pointe par l'installation;
- Optimisation du travail du sol afin d'améliorer l'infiltration de l'eau distribuée.

En définitive, les résultats de cette investigation ont révélé que l'aspersion mécanisée par rampe frontale est une technique efficiente susceptible de concourir à une irrigation durable dans les zones de grandes cultures, sous réserve notamment de ne pas dépasser les conditions de vent fort.

## RÉFÉRENCES 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 au Maroc. *Bulletin de Transfert Technologie en Agriculture*. 177. ([www.agrimaroc.net](http://www.agrimaroc.net)).
- Brouwer C., Prins K., Kay M., Heibloem M. (1990). Manuel de formation, Méthodes d'irrigation, Irrigation par aspersion, édition FAO, 33-37.
- CEMAGREF, 1992. Collection Guide Pratique : Irrigation, Ouvrage Collectif, 324.
- Christiansen JE. Irrigation by Sprinkling. Bulletin 670, 1942. University of California, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, Berkeley, California, USA.

- De Boer DW et Kohl RA., 1993. Performance characteristics of reduced pressure sprinklers, ICID Fifteenth Congress, The Hague, NLD.
- Douh B., Chehaibi S., Zouaghi M., 2012. Analyse diagnostique du maintien en état de fonctionnement des systèmes d'irrigation mécanisée par aspersion cas d'une rampe frontale dans la région de Bousselem, Tunisie. *Larhyss Journal*, n°11, 47-61.
- El Jandoubi N., 2005. Étude de l'efficacité de l'irrigation par une rampe combinée pivot-frontale. Projet de Fin d'Étude, I.S.A. Chott Mariem, Tunisie, 72-84-88.
- Hendawi M., 2006. Étude des pertes d'eau par évaporation et dérive sur un jet d'asperseur, Thèse de Doctorat, Université de la Méditerranée, Marseille, France, 226.
- Huber L., 1991. Pertes par évaporation en irrigation par aspersion, État des connaissances et éléments d'estimation, étude effectuée pour le Compte de l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, France, 15-76.
- ISO (1995). Agricultural irrigation equipment- Rotating sprinklers - Part 1: Design and operational requirements.
- ISO, 2001. Agricultural irrigation equipment Center pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles: Determination of uniformity of water distribution.
- Kay M. (1983). *Sprinkler Irrigation: Equipment and Practice*. Batsford, London.
- Keller J., Bleisner R. (1990). *Sprinkler and trickle irrigation*, 247-385.
- Louis Jean J. (2009). Étude de faisabilité de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Lhomond dans la 11<sup>ème</sup> section communale d'Aquin: zone Frangipagne, Mémoire de Fin d'Études, Université d'Etat d'Haiti (U.E.H), 60.

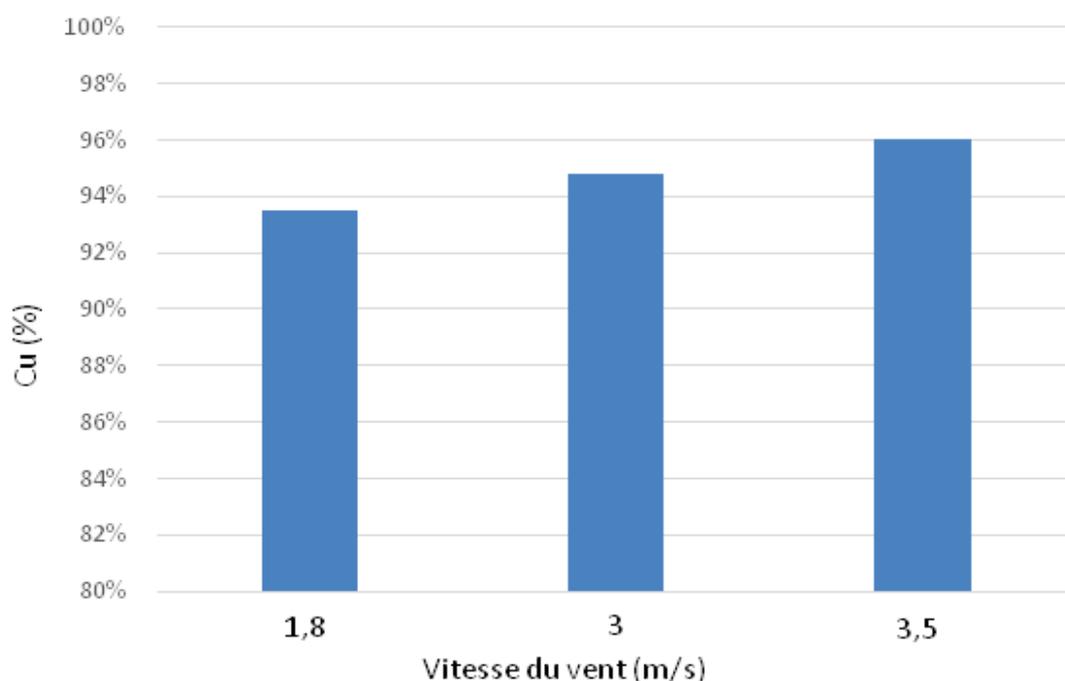


Figure 9: Effet de la variation de la pression sur le coefficient d'uniformité de l'irrigation par la rampe frontale (VALMONT) avec vitesse du vent (0, 7-2, 4 m/s)

- Mailhol 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 USTL. II, France, 260.
- MEDD (2009). Guide pour une gestion durable des ressources en eau. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD), Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE), 41.
- Ministère de l'Agriculture (1994). Rapport de la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE).
- Ministère de l'Agriculture, 1997. IX<sup>e</sup> plan de développement économique et social (1997-2001): le développement agricole et les ressources naturelles.
- Ministère de l'Agriculture (2003). Aspersions mécanisées, Statistiques de la Direction Générale du Génie Rural (DGGR).
- M'Sadak Y., Douh B., Hamza ME. (2012). Diagnostic de fonctionnement des systèmes d'aspersion par pivot utilisé dans une grande exploitation irriguée de la Tunisie centrale. *Larhyss Journal*, 11: 97-107.
- Molle B., Baudequin D., Haidar S. (1998). Choix du busage et conduite de l'irrigation par pivots - Prise en compte de la capacité d'inaltération du sol. Ingénieries - Eau Agriculture & Territoires (EAT), IRSTEA, 1998, 57-69.
- Olier C., Poirée M. (1983). Irrigation: Les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie. des arrosages, édition Eyrolles, Paris, France, 380-407.
- Souissi M., sd. Situation géographique de Béja, Ministère de l'Intérieur et du Développement Local, Observatoire SERVAGRI, 16.
- Tiercelin J-R, Vidal A. (1998). Traité d'irrigation, édition Lavoisier, France, 470-497.
- Tounsi A., 1997. Irrigation par aspersion : Optimisation du rendement, de l'efficacité et de l'équité de distribution. Mémoire du Cycle de Spécialisation de l'INA de Tunisie, 70-75.
- Undersander DJ., Marek T.H. (1985). Effect of nozzle type on run off and yield of corn and sorghum under center pivot sprinkler systems, *Irrigation science*, 6: 107-116.
- Valley, sd. Produits pour l'irrigation: Rampes Frontales [http://www.valleyirrigation.com/valley-irrigation/fr/informations\\_soci%C3%A9t%C3%A9/historique](http://www.valleyirrigation.com/valley-irrigation/fr/informations_soci%C3%A9t%C3%A9/historique)