



## **DIAGNOSTIC DE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES D'ASPERSION PAR PIVOT UTILISES DANS UNE GRANDE EXPLOITATION IRRIGUEE DE LA TUNISIE CENTRALE**

***M'SADAK Y.<sup>1\*</sup>, DOUH B.<sup>1</sup>, HAMZA M.E.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> Institut Supérieur Agronomique - BP 47, 4042 Chott-Mariem,  
Université de Sousse, Tunisie

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

\* msadak.youssef@yahoo.fr

### **RESUME**

La Tunisie Centrale constitue un territoire soumis à un climat aride à semi-aride caractérisé par la non régularité des précipitations dans le temps et dans l'espace. A ce propos, le régime pluvial ne pourrait plus combler les exigences 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.

Des progrès immenses ont été entrepris pour rendre l'emploi de l'eau plus efficace. L'irrigation mécanisée par pivot central s'est rapidement répandue ces dernières années. Le pivot est l'un des systèmes mécanisés modernes d'aspersion usagés en agriculture irriguée pour mieux exploiter les ressources hydriques, notamment dans les régions arides de grande culture. Par ailleurs, il permet ainsi d'irriguer des champs spacieux, d'améliorer le rendement de l'eau et de maintenir à de nombreux agriculteurs une bonne production pendant les périodes de sécheresse, voire d'accroître le nombre de récoltes annuelles. La maîtrise de son utilisation suppose entre autres le maintien correct de son état de fonctionnement.

Dans ce cadre, la présente étude se propose de diagnostiquer le fonctionnement au champ de quatre rampes pivotantes exploitées dans une Société de Mise en Valeur et de Développement Agricole (SMVDA) de la délégation de Nasrallah, gouvernorat de Kairouan (Tunisie Centrale), relever les défaillances qui peuvent être aperçues et dégager les interventions possibles pour améliorer l'uniformité de l'application de l'eau d'irrigation et garantir un fonctionnement adéquat de ces systèmes mécanisés d'aspersion.

Ce travail consiste à apprécier expérimentalement la variation de l'uniformité de distribution des eaux d'irrigation mécanisée par pivot selon la longueur de la rampe, la vitesse d'avancement et les corrections du plan adopté de busage selon le plan indiqué par le constructeur. Le résultat recherché est de réussir sur l'ensemble de la parcelle irriguée une dose d'irrigation aussi homogène que possible. A cet égard, un protocole de contrôle et des fiches de diagnostic ont été utilisés notamment pour l'évaluation de la répartition pluviométrique de l'eau d'irrigation. Auparavant, un contrôle systématique du busage a été réalisé afin de vérifier que les buses équipant chaque pivot sont bien appropriées au plan préconisé de busage.

Le diagnostic de fonctionnement mis en œuvre a décelé que l'efficacité des pivots considérés est insuffisante, voire intolérable sur la base des performances techniques de la norme proposée par ISO 11545. En effet, le contrôle du busage adopté a décelé diverses anomalies (buses existantes mal placées, usées ou colmatées, etc.) dévoilant la non conformité avec le plan de busage fourni par le constructeur. Par ailleurs, les résultats de l'uniformité de répartition et la pluviométrie relevés après avoir procédé à l'entretien nécessaire du matériel confirment l'intérêt de ce dernier pour corriger les performances hydrauliques des installations considérées d'aspersion mécanisée.

**Mots clés:** Aspersion mécanisée, rampe pivotante, test d'uniformité, longueur de la rampe, vitesse d'avancement et plan de busage.

## ABSTRACT

The Central of Tunisia is a territory under an arid to semi-arid climate characterized by the non regularity of precipitations in time and space. In this regard, the rainfall could no longer meet the crop water requirements and guarantee a stable and sufficient agricultural production, so irrigation is used to guard against the climate hazards.

Immense progress was undertaken to make a more effective water use. The mechanized irrigation by central pivot has spread rapidly in recent years. The pivot is one of the modern mechanized sprinkling systems used in irrigated agriculture for a better use of water resources, particularly in the arid areas of field crop. It also allows to irrigate spacious fields, to improve the water use efficiency and to keep good yield to farmers during periods of drought, to even increase the number of annual harvests. The control of its use implies, among other things, the correct maintenance of its operating condition. In this context, the present study proposes to diagnosis the functioning of four pivoting ramps operating in field conditions and exploited by a Company of Development and Development Agricultural (SMVDA) of the delegation of Nasrallah in Kairouan region (Tunisia Central), to identify the deficiencies which ; may be seen and release the possible interventions to improve the uniformity of the application of

irrigation water and to guarantee an adequate operation of these mechanized systems of sprinkling.

This work consists in appreciating experimentally the variation of the uniformity of distribution of irrigation water by a mechanized pivot according to the length of the ramp, the speed of advance and the corrections of the plan adopted of sprinkler package according to the plan indicated by the manufacturer. The required result is to make a success on the whole of the irrigated area an amount of water irrigation as homogeneous as possible. In this respect, a control protocol and a diagnostic cards were used particularly for the evaluation of the rainfall distribution of irrigation water. Previously, a systematic inspection of the sprinkler package was carried out in order to check that the tubes equipping each pivot are well appropriate to the recommended plan of sprinkler package. The diagnosis of operation implemented detected that the effectiveness of the pivots is considered insufficient, even intolerable on the basis of technical performance of the standard suggested by ISO 11545. Indeed, the control of the adopted sprinkler package detected various anomalies (existing tubes evil placed, used or clogged, etc.) revealing the non conformity with the plan of sprinkler package provided by the manufacturer. In addition, the results of the uniformity of distribution and the pluviometry recorded following the necessary maintenance of the material confirm the interest of this latter to correct the hydraulic performances of the considered mechanized sprinkling installations.

**Key words:** mechanized spraying, pivoting ramp, test of uniformity, length of the ramp, forward speed and sprinkler package plan.

## **INTRODUCTION**

Le secteur agricole est constamment confronté à l'irrégularité des précipitations et à la récurrence de la sécheresse en Tunisie. Depuis son indépendance, la Tunisie a consenti des investissements considérables pour la mobilisation des ressources en eau, l'extension et la modernisation de l'irrigation dans le cadre d'une politique harmonieuse et d'une gestion intégrée des ressources en eau. En considérant l'eau comme un élément fondamental du développement rural et de la sécurité alimentaire, il est temps d'opérer des choix judicieux en matière d'irrigation en vue de minimiser les pertes d'eau, ressource qui devient de plus en plus rare pour une demande de plus en plus forte.

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. C'est un système d'irrigation par aspersion possédant une source d'eau centrale, dans lequel un système rotatif de tuyaux et d'asperseurs ou rampe pivotante tourne autour d'un point central pour arroser une surface circulaire (Phocaidès, 2008). Le principe de fonctionnement est original nécessitant un busage adapté (Molle et *al.*, 1998). La rampe peut mesurer de

100 à 500 m (Azougghagh, 2001), voire une longueur pouvant varier de 50 à 750 m (Phocaidès, 2008).

Le pivot central 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). De plus, il s'agit d'un système qui s'adapte à tous types de terrains, a permis d'améliorer le rendement de l'eau, d'assurer la production pendant les périodes de sécheresse, et d'accroître le nombre de récoltes annuelles (Hutchinson et Hermann, 2006). 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 très uniforme, précise et efficace (Molle, 2005 et Scott, 2010).

Le présent travail expose une analyse diagnostic du maintien en état de fonctionnement des systèmes d'irrigation mécanisée par aspersion, et plus précisément, de quatre rampes pivotantes adoptées dans une grande exploitation agricole au niveau de la plaine de Kairouan.

## **MATERIEL ET METHODES**

### **Description générale du site d'étude**

L'étude a été conduite au sein de la Société de Mise en Valeur et de Développement Agricole (SMVDA) «TUSALCO», délégation de Nasrallah, gouvernorat de Kairouan (Tunisie Centrale), qui s'étend sur une superficie de 2720 ha.

Le climat est typiquement méditerranéen, avec une pluviométrie annuelle de 230 mm et une évaporation de référence moyenne de 6 mm/jour. Un des facteurs le plus gênant est le vent qui a une vitesse moyenne de 25 km/h et peut atteindre les 60 km/h, le nombre de jours ventés est de 180 jours/an. Le vent dominant souffle du Nord-Ouest. Le sol a une texture limono-sableuse et une perméabilité élevée, d'où son exigence en eau d'irrigation est forte. En effet, ce type de sol est favorable aux grandes cultures, et en particulier, les cultures céréalières qui occupent d'ailleurs la quasi-totalité des superficies exploitées.

L'exploitation considérée se trouve à proximité du barrage de Sidi Saad. Elle s'est branchée sur le réseau collectif, d'autant plus qu'elle exploite trois forages d'une profondeur moyenne de 350 m.

### **Systèmes d'irrigation disponibles**

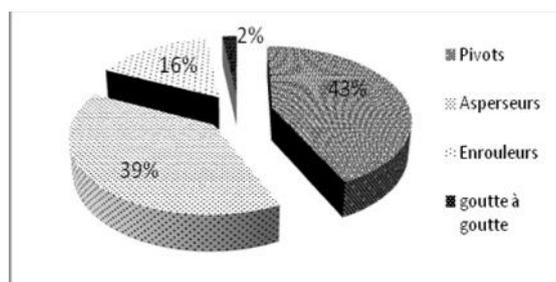
Le site considéré dispose de 7 pivots, 5 enrouleurs, 920 asperseurs et d'une superficie de 20 ha équipée du système d'irrigation localisée au goutte à goutte.

La figure 1 illustre l'importance d'utilisation de chaque système d'irrigation par rapport aux superficies irriguées dans l'exploitation. De ce fait, une superficie

de 117 ha est irriguée par les centres pivots, équivalente à 43% de la superficie totale.

L'étude technique, basée notamment sur un contrôle visuel, a été accomplie sur quatre pivots de marque «Valley» qui ont les caractéristiques techniques relatées dans le tableau 1.

Tous les pivots disposent des buses de type «Valmont Spray» ayant une portée de 3 m et de canon d'extrémité de mêmes caractéristiques avec un porte rampe de 50 m de longueur.



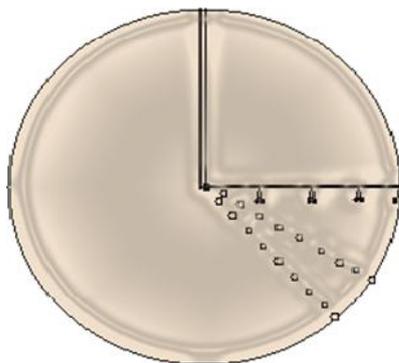
**Figure 1:** Taux d'utilisation des systèmes d'irrigation adoptés par rapport aux superficies irriguées dans la SMVDA «TUSALCO»

**Tableau 1 :** Désignation et caractérisation des rampes pivotantes étudiées

	Nombre de travées	Longueur totale (m)	Débit à l'entrée (m <sup>3</sup> /h)
<b>Pivot 1</b>	11	535,2	340,5
<b>Pivot 2</b>	7	391,8	181,6
<b>Pivot 3</b>	5	290,1	113,5
<b>Pivot 4</b>	8	441,8	249,7

### Appréciation de la répartition pluviométrique

Les récipients utilisés pour collecter l'eau ont un diamètre de 20 cm et une hauteur de 25 cm. La distance entre deux récipients successifs est de 5 m. Le volume d'eau collectée dans chaque récipient a été mesuré à l'aide d'une éprouvette. Deux rangées de récipients ont été placées tout le long de la ligne axiale du pivot comme il est illustré sur la figure 2. La vitesse du vent a été relevée lors des essais, à l'aide d'un anémomètre.



**Figure 2:** Disposition des récipients pour les mesures de la pluviométrie et de l'uniformité de la distribution de l'eau d'irrigation par la rampe pivotante

La pluviométrie moyenne  $P$  a été déterminée par la formule suivante :

$$P = 10 \frac{V}{S} \quad (1)$$

Avec :

$P$ : Pluviométrie (mm),  $V$ : Volume collecté d'eau (cm<sup>3</sup>),  $S$ : Section (cm<sup>2</sup>).

### Détermination du coefficient d'uniformité

Des récipients sont disposés radialement à partir du point central du pivot vers l'extrémité, avec une distance de 5 m entre deux collecteurs successifs, pour calculer le coefficient d'uniformité de la rampe ( $Cu_1$ ). D'autres collecteurs sont disposés transversalement pour calculer le coefficient d'uniformité du canon d'extrémité ( $Cu_2$ ).

Le coefficient d'uniformité s'exprime par la formule de Christiansen (1942) comme suit.

$$Cu = 100 * \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (|Vi - Vm|/Si)}{\sum_{i=1}^{i=n} \left( \frac{Vi}{Si} \right)} \right]$$

Avec:

$Cu$ : Coefficient d'uniformité (%),  $Vi$ : Volume d'eau collecté dans le récipient  $i$  (cm<sup>3</sup>),  $Vm$ : Volume moyen de l'eau dans les  $n$  récipients (cm<sup>3</sup>),  $Si$ : Section supérieure du récipient  $i$  (cm<sup>2</sup>).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Contrôle de la conformité entre plans théorique et pratique de busage

Le tableau 2 récapitule les données relatives aux différences aperçues entre les plans théorique et pratique de busage pour chaque rampe pivotante considérée.

**Tableau 2 :** Différence entre les plans théorique et pratique de busage

	<b>Pivot 1</b>	<b>Pivot 2</b>	<b>Pivot 3</b>	<b>Pivot 4</b>
<b>Buses en place</b>	141	124	74	115
<b>Buses mal ajustées</b>	74	24	22	59
<b>Pourcentage d'identité (%)</b>	66,0	83,8	70,0	64,0

La longueur des rampes est un facteur limitant de la conformité des plans de busage indiqué par le constructeur et adopté sur terrain. En effet, Les pourcentages d'identité les plus faibles sont enregistrés pour le pivot 1 de longueur 535,2 m relative à 11 travées et le pivot 4 de longueur 441,8 m relative à 8 travées.

### Diagnostic de la répartition pluviométrique

#### *Suivant la longueur et l'avancement de la rampe*

Le tableau 3 présente les résultats de la pluviométrie récupérée pour les deux rampes pivotantes 1 et 2 de 11 et de 7 travées, respectivement.

**Tableau 3 :** Répartition pluviométrique en fonction de la longueur de la rampe

	<b>Pluviométrie (mm)</b>	
	<b>Avancement 50%</b>	<b>Avancement 100%</b>
<b>Pivot 1</b> (11 travées)	8,1	4,6
<b>Pivot 2</b> (7 travées)	6,2	3,9

Pour l'avancement de 50%, la pluviométrie du pivot 1 est 23,5% plus importante que celle du pivot 2, et pour l'avancement de 100%, la pluviométrie du pivot 1 reste toujours plus importante: 15,2% par rapport à celle du pivot 2.

En outre, le tableau 3 montre que la pluviométrie est inversement proportionnelle à l'avancement de la rampe pivotante. A ce propos, plus le pourcentage d'avancement de la rampe augmente, plus la pluviométrie moyenne diminue. En effet, pour le pivot 1 la pluviométrie moyenne pour l'avancement 50% est 1,7 fois plus importante que celle de l'avancement de 100%. Egalement, pour le pivot 2, elle est de 1,6 fois plus importante que celle de l'avancement de 100%.

Quelque soit l'avancement de la rampe, le volume moyen repris par les collecteurs au niveau du pivot 1 de 535,2 m de longueur est supérieur à la pluviométrie du pivot 2 de 391,8 m de longueur. Donc, la pluviométrie augmente avec la longueur de la rampe.

Par ailleurs, indépendamment de la longueur de la rampe; la pluviométrie moyenne diminue lorsque l'avancement de la rampe augmente.

#### *Avant et après correction du plan de busage*

Les améliorations sont limitées au pivot 2, et les résultats obtenus suite aux corrections apportées sont récapitulés dans le tableau 4.

**Tableau 4 :** Répartition pluviométrique après correction du busage (Pivot 2)

	<b>Pluviométrie (mm) (avancement 50%)</b>
<b>Initialement</b>	6,2
<b>Amélioration 1</b>	7,3
<b>Amélioration 2</b>	6,3

Les buses existantes sont mal placées, usées ou colmatées et sont remplacées par des buses neuves (d'origine) qui ont un débit constant (amélioration 1). L'amélioration 2 consiste à remplacer les buses existantes par des buses neuves d'adaptation à débit variable avec régulateurs de pression.

L'amélioration 2 consistant à l'utilisation des buses d'adaptation à débit variable a enregistré des résultats presque similaires à ceux obtenus initialement.

Suite à l'intervention relative à l'amélioration 1, le volume récupéré par les collecteurs, et par la suite, la pluviométrie relevée a augmenté de 15% par rapport à celle avant l'amélioration 1. Inversement, l'intervention relative à l'amélioration 2 n'a pas révélé d'effet significatif sur la répartition pluviométrique de l'eau d'irrigation.

La non conformité entre les plans de busage théorique et pratique est un facteur limitant le bon fonctionnement de la rampe pivotante tout en impliquant une mauvaise répartition de la pluviométrie, et par la suite, une mauvaise uniformité d'irrigation.

Le plan de busage fourni par le constructeur doit être strictement respecté ainsi que l'entretien des buses. A ce propos, certains auteurs (Smith, 2002 et Al-Ghobari, 2006) ont énoncé qu'un entretien permanent permet d'augmenter les performances hydrauliques du pivot et d'économiser l'eau lors de l'irrigation.

### **Calcul du coefficient d'uniformité**

#### *Suivant la longueur et l'avancement de la rampe*

Suivant la longueur et l'avancement de la rampe, les récipients qui sont disposés radialement à partir du point du pivot vers l'extrémité sont destinés à la détermination de l'uniformité longitudinale (Cu1), les autres disposés transversalement, sont consacrés à la détermination de l'uniformité du canon d'extrémité (Cu2).

**Tableau 5 :** Coefficients d'uniformité relevés suivant la longueur de la rampe

<b>Cu (%)</b>	<b>Cu1</b>	<b>Cu2</b>	<b>Cu1</b>	<b>Cu2</b>
	<b>Avancement 50%</b>		<b>Avancement 100%</b>	
<b>Pivot 1</b>	70,4	91,0	68,0	90,5
<b>Pivot 2</b>	77,2	92,6	74,2	90,9

On constate, d'après le tableau 5 que le coefficient d'uniformité radial diminue lorsque la longueur du pivot augmente indépendamment de la vitesse d'avancement de la rampe. En effet, le coefficient d'uniformité, pour l'avancement de 50% du pivot 2 est de 77,2%, alors que celui du pivot 1 est de 70,4%. L'uniformité du pivot 2 est 6,8% plus importante que l'uniformité de la distribution de l'eau d'irrigation du pivot 1 qui a une longueur plus importante.

L'uniformité transversale du canon d'extrémité semble être non influencée par la longueur et la vitesse d'avancement de la rampe. Elle est plus crédible que l'uniformité longitudinale et dépasse ainsi les 90%.

L'uniformité d'irrigation, pour les deux rampes considérées, est plus importante de 3,8% pour une vitesse d'avancement de 50% que celle de 100%. Donc, plus la vitesse d'avancement diminue, plus l'uniformité d'irrigation devient meilleure. Autrement dit, la qualité d'arrosage est inversement proportionnelle à l'avancement de la rampe.

La perte de charge élevée; due au vieillissement de l'appareil, peut-être aussi une cause principale de la diminution du coefficient d'uniformité (ISO 11545, 2001).

### **Avant et après correction du plan de busage**

**Tableau 6 :** Coefficients d'uniformité avant et après correction du busage (Pivot 2)

	<b>Cu1 (%) (avancement 50%)</b>
<b>Initialement</b>	77,2
<b>Amélioration 1</b>	83,9
<b>Amélioration 2</b>	79,3

L'amélioration 1 apportée au niveau du pivot 2 a engendré une amélioration de l'uniformité d'environ 7% par rapport à l'uniformité du pivot à sa situation initiale pour atteindre 84% (tableau 6). Contrairement, l'amélioration 2 n'avait pas d'effet marqué et l'on a trouvé presque le même coefficient d'uniformité, de l'ordre de 79%.

Les résultats de l'amélioration 1 s'accordent avec les résultats d'Al-Ghobari (2006), où les valeurs moyennes de Cu étaient 71,3% et 87,4% avant et après la maintenance respectivement.

Le respect du plan du busage au moment du montage est une condition indispensable pour assurer une uniformité satisfaisante de la distribution de l'eau d'irrigation et aucun changement ne doit être apporté à la structure du pivot et aux données hydrauliques: débit et pression (Rieul, 1997; Aït Houssa et al., 2009 et Scott, 2010).

### **CONCLUSION**

L'étude diagnostique, entreprise au niveau des rampes pivotantes considérées, a montré que le plan de busage n'est pas bien adapté, d'autant plus que l'état général des buses est défectueux, ce qui a contribué à relever de performances hydrauliques relativement réduites. Le respect du plan de busage donné par le constructeur et l'adoption d'un programme d'entretien approprié permettent d'assurer un fonctionnement convenable des pivots mis en œuvre, et éventuellement, d'améliorer l'uniformité de la distribution des eaux d'irrigation. Des investigations futures méritent d'être poursuivies afin d'approfondir le diagnostic du fonctionnement hydraulique, voire, le dimensionnement du busage pour une meilleure efficacité hydraulique des systèmes d'aspersion par pivot au champ.

### **REMERCIEMENTS**

Nos remerciements s'adressent à tout le personnel de la SMVDA «TUSALCO», particulièrement, à Monsieur ABDERRAHMEN Ali, Directeur Adjoint, qui n'a pas hésité à mettre à notre disposition tous les moyens disponibles, tout en minimisant autant que possible les contraintes pratiques rencontrées lors de ce travail.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AÏT HOUSSA A., BOUSLAMA A., BARAKA M., EL MIDAOUÏ, 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.
- AL-GHOBARI H. (2006). Effect of maintenance on the performance of sprinkler irrigation systems and irrigation water conservation. *Research Bulletin. Food Sci. & Agric. Res. Center*, 141, 5-19.
- 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.
- HUTCHINSON C.F., HERMANN S.M. (2006). Plante Science. *Bulletin Trimestriel d'Information sur les Sciences Exactes et Naturelles*, Vol. 4, N°4.
- CHRISTIANSEN J. E. (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station, *Bulletin* N°670.
- ISO 11545 (2001). Agricultural irrigation equipment Center pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles: Determination of uniformity of water distribution.
- MOLLE B., BAUDEQUIN D., HAIDAR S. (1998). Choix du busage et conduite de l'irrigation par pivots: Prise en compte de la capacité d'infiltration du sol. *Rev. Ingénieries EAT*, 13, 57-69.
- 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 ».
- PHOCAIDES A. (2008). Manuel des techniques d'irrigation sous pression, Seconde édition, FAO, 308 p.
- RIEUL L. (1997). Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. CIHEAM, *Cahiers Options Méditerranéennes*, Sér. A., 31, 233-353.
- SCOTT W. (2010). Collector size effect on the measurement of applied water depth from irrigation systems. Master of Science, Kansas State University, 86 p.
- SMITH S. (2002). 10 ways to get the most from your center pivot irrigation system, *Irrigazette*, magazine international specialise en irrigation, N°72.