



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MADREF/DERD

• N 81 • Juin 2001 •

PNTTA

Matériel d'irrigation

Choix, utilisation et entretien

SOMMAIRE

n° 81

Matériel d'irrigation

- L'irrigation gravitaire..... p.1
- L'irrigation goutte à goutte..... p.2
- L'irrigation par aspersion..... p.3
- Utilisation, entretien et sécurité dans le pompage..... p.5

Introduction

Le manque d'eau et l'accroissement constant des besoins en eau en agriculture, conjugués aux conflits d'usage avec les autres secteurs, tels que l'industrie et la consommation en eau potable, nous amènent à constamment réfléchir sur les économies d'eau et d'énergie. Ceci passera forcément par une gestion efficace de l'irrigation ainsi que par la maîtrise de l'utilisation et le choix des systèmes d'irrigation.

Au Maroc, l'agriculture consomme entre 80 et 90% des ressources en eau. Les données disponibles montrent que les performances des systèmes d'irrigation actuels sont restées faibles à très moyennes. Les pertes en eau à la parcelle sont de l'ordre de 30 à 40%, en particulier les pertes par percolation. Aussi, l'uniformité des irrigations reste faible, ce qui influe négativement sur la production. La maîtrise de l'utilisation de l'eau d'irrigation devient donc urgente et nécessaire.

L'irrigation gravitaire représente environ 80% de la superficie des grands périmètres irrigués du Maroc, par conséquent, les pertes en eau restent importantes. Il est donc nécessaire de réduire ces pertes, soit par une gestion rationnelle de l'utilisation de l'eau, soit par l'utilisation de techniques d'irrigation adéquates. Ceci est d'autant plus vrai, que la demande en eau d'irrigation sera plus importante dans les années à venir.

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories: l'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. Dans la pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion (Figure 1).

L'irrigation gravitaire

L'irrigation par planche consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables. Une des formules pratiques est celle de *Crevat* qui consiste à déterminer la longueur de la planche qui dépend de l'infiltration du sol, ce qui correspondrait au temps de ruissellement. Autrement dit, l'aiguadier ouvre la vanne et attend que l'eau arrive au bas de la planche, et à ce moment là il ferme la vanne d'arrivée.

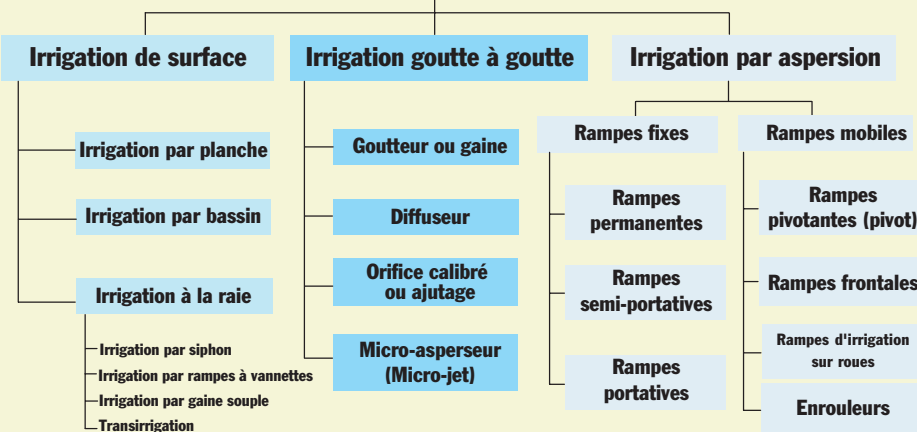
L'irrigation par bassin est la plus connue dans l'irrigation gravitaire. Sa pratique sur un sol nivelé (pente 0,1 à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération, qui consiste à remplir le bassin, font que cette technique est fréquemment utilisée. Dans plusieurs régions du Maroc, la taille des bassins est de 40 à 50 m² et cette technique est connue sous le nom "Robta". Cette dernière occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements.

L'irrigation à la raie ou par rigole convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2 et 3%. Les sillons sont séparés d'une distance variant entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et la culture. Suivant le débit dont on dispose, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau. D'une manière générale, l'irrigation est réalisée suivant un débit unique ou suivant une succession de deux débits différents, un premier débit important qui est appelé débit d'attaque et un deuxième débit plus faible qui est appelé débit d'entretien. L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple ou par transirrigation.

Figure 1: Les différents systèmes d'irrigation



Systèmes d'irrigation



Irrigation par siphon

L'irrigation par siphon s'adapte bien à l'irrigation des raies. Les siphons en PVC, d'épaisseur 1,5 mm et de diamètre variant entre 20 et 43 mm, sont relativement légers lorsque leur longueur est comprise entre 1 et 1,5 m. Une charge de 10 cm est suffisante pour travailler dans des conditions adéquates. Les débits varient entre 0,25 et 2 l/s, respectivement pour une charge de 5 et 20 cm. On peut par ailleurs réaliser une irrigation à deux débits, soit en utilisant des diamètres différents, soit en utilisant des bouchons percés à l'extrémité des tubes ou tout simplement en jouant sur le nombre des siphons. Dans ce type d'irrigation, l'amorçage des siphons nécessite un entraînement et une certaine agilité pour mieux maîtriser l'irrigation. Il existe aussi de petites pompes à main pour effectuer cette tâche, mais l'amorçage risque d'être plus lent.



Irrigation par siphon

Ce type d'irrigation est d'un intérêt certain car il permet d'éviter la construction d'une "séguia" d'amenée, et donc tous les travaux liés à la distribution. Il permet également de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie. Par ailleurs, l'irrigation par siphon permet une bonne répartition de l'eau et présente un avantage du fait que l'investissement est faible.

Irrigation par rampe à vannettes

Ce type de matériel correspond mieux aux cultures irriguées à la raie et qui nécessitent peu d'interventions sur la parcelle. L'avantage réside dans la possibilité de réglage du débit par des vannettes coulissantes; qui offrent des positions d'ouverture de 25, 50, 75 et 100%.

Par rapport aux siphons, on évite l'opération d'amorçage qui est un travail lent et fatigant. L'autre avantage réside dans le fait que les débits obtenus sont plus précis et fiables.

Lorsqu'on remplace les vannettes par des cannes verticales qui alimentent des raies ou des planches; on obtient alors le système californien. Il est constitué d'une conduite enterrée sur laquelle on fixe des cannes dont on peut régler le débit ainsi que l'orientation du jet. La conduite enterrée, de diamètre variant de 160 à 300 mm, est relativement épaisse (3 à 5 mm).

Cette technique présente l'avantage de ne pas gêner les travaux agricoles. Par contre, une étude de dimensionnement est nécessaire. Lorsque l'irrigation de



Rampe à vannettes



Système californien

toute la parcelle se fait en même temps, toutes les sorties sont ouvertes, sinon les sorties non utilisées doivent être fermées d'une manière étanche.

Irrigation par gaine souple

La gaine souple est posée dans une rigole préparée à l'avance pour éviter les déplacements de la gaine une fois remplie d'eau. La pose peut être effectuée à l'aide d'un engin ou d'un petit tracteur. Les perforations peuvent être effectuées sur un ou deux cotés. Elles peuvent être standards ou selon les espacements des cultures. La gaine peut être munie de manchettes souples de dérivation qui permettent d'irriguer au centre des raies, sans se soucier d'un emplacement précis des perforations.



Gaine souple sans manchette



Gaine souple avec manchette

Ce type d'irrigation, ayant une charge de 0,4 à 1 m, convient pour un sol relativement plat. Les débits de dérivation sont de l'ordre de 2 l/s. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste. Cependant, elles présentent l'inconvénient d'être fragiles et le réglage des débits est peu précis.

Les gaines ne peuvent en aucun cas être utilisées pour élever l'eau et leur extrémité reste ouverte sous peine de destruction par une surpression. Les extrémités doivent donc être posées sur des objets d'une hauteur d'environ 1m.

Transirrigation

La transirrigation de surface ou souterraine convient parfaitement à l'irrigation de la raie. La parcelle à irriguer par ce type d'irrigation est relativement grande et peut atteindre 6 ha.

Une conduite en PVC rigide de diamètre 250 mm et d'épaisseur 4,9 mm est installée suivant une inclinaison régulière variant entre 0,25 et 0,6 % sur laquelle sont percés des orifices bien alignés et formant un angle de 30° par rapport à la verticale. Le diamètre des orifices est fonction du débit. L'ensemble du système n'est pas sous pression mais la charge au niveau de chaque orifice est créée par le déplacement d'un piston placé à l'intérieur de la conduite.

L'irrigation goutte à goutte

Dans l'irrigation goutte à goutte, l'eau est livrée à la plante à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol. Ceci permet de limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes (Tableau 1). Elle met également en œuvre des équipements fixes et légers, et permet la fertigation. Dans la plupart des cas, elle exige une automatisation à travers des contrôleurs associés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques et des électrovannes.

Equipements du système goutte à goutte

L'installation est composée d'une source d'eau, d'une station de pompage, d'une unité de tête, des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs.

Tableau 1: avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte

Avantages	Inconvénients
- économie d'eau	- sensibilité à l'obstruction (sable, limon, matière organique, gel bactérien, précipitation d'engrais, présence du fer...)
- faibles pressions pour les goutteurs	- salinisation (prévoir des lessivages)
- irrigation fréquente	- développement racinaire des cultures limité
- le feuillage n'est pas lavé	
- accès plus facile à la parcelle	
- possibilité d'automatisation	
- économie en main d'œuvre	
- irrigation des terrains accidentés	
- succès pour les sols lourds (2 à 4 cm/h) et sols légers (> 50 cm/h)	

Unité de tête

L'unité de tête comporte les éléments nécessaires au conditionnement et à la sécurité de fonctionnement (Tableau 2).

Tableau 2: Composition de l'unité de tête

Matériel	Opération
Compteur	Comptage
Régulateur de pression	Contrôle de pression
Filtre	Filtration
Pompe doseuse, dilueurs	Fertilisation
Programmeur	Programmation
Clapet anti-retour	Prévention
Soupape de décharge	Réglage
Ventouse	Décharge, purge

Les distributeurs

Les distributeurs peuvent être classés selon leur débit de fonctionnement. On distingue alors les goutteurs, les diffuseurs et les micro-asperseurs (Tableau 3).

Les goutteurs ont un faible débit (entre 1 et 16 l/h) et fonctionnent sous une pression relativement faible (environ 1 bar). Dans la pratique, on utilise souvent des goutteurs de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes (arbres fruitiers et vignes). Selon le type de goutteur, le mode de fixation sur la rampe peut être soit en dérivation, en ligne ou intégré. Actuellement, on tend de plus en plus vers le mode intégré vu son faible coût de fabrication ainsi que sa facilité d'installation sur le terrain. En effet, il suffit de dérouler la rampe alors que pour les autres modes, les goutteurs sont à installer un par un, suivant les espacements désirés. Dans la fixation en dérivée, on peut trouver des circuits courts ou des circuits longs. Ces derniers ont l'avantage de couvrir une grande surface et peuvent être disposés en formant un cercle, pour couvrir une surface plus grande.

Dans certains projets d'irrigation goutte à goutte pour des cultures pérennes, on peut volontairement employer une rampe de faible diamètre lorsque les plants sont petits pour ensuite rajouter une deuxième rampe lorsque les besoins en eau sont plus importants.

Le débit Q d'un distributeur donné peut s'exprimer en fonction de sa pression par la formule suivante:

$$Q = K H^x$$

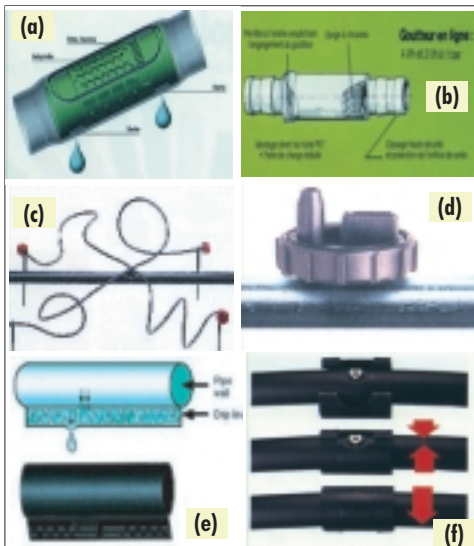
où: Q est le débit en l/h; K est une constante de forme et de dimension; H est la pression en mètre et x est le coefficient qui caractérise le type d'écoulement.

Lorsqu'on dispose de plusieurs valeurs de débits des goutteurs, avec les valeurs respectives des pressions, on peut alors à l'aide de l'équation ci-dessus calculer les valeurs de K et de x. Généralement, les constructeurs donnent les caractéristiques des distributeurs sous forme de tableaux ou de graphes, ce qui permet d'établir leur équation, ou simplement connaître leur débit.

Les goutteurs auto-régulants ont une valeur de x voisine de 0 et donc la variation de leur débit est insensible aux variations de la pression; ces variations sont limitées dans une plage de pression. Les

Tableau 3: type de distributeurs, selon le débit

	Goutteur	Diffuseur et ajutage	Micro-asperseur
Apport	Point	Tache	Tache
Débit (l/h)	1 à 16	20 à 60 / 35 à 100	60 à 150



a: goutteur intégré, b: goutteur en ligne, c et d: goutteurs en dérivation, e: gaine perforée et f: ajutage

goutteurs non auto-régulants ont une valeur de x variant entre 0,5 pour le régime turbulent et 1 pour le régime laminaire.

Il est important de connaître cette équation pour effectuer correctement le dimensionnement d'un système d'irrigation goutte à goutte, notamment la longueur des rampes et leurs débits. Actuellement, les constructeurs donnent assez souvent la longueur maximale de leur rampe en fonction des diamètres et des goutteurs utilisés.

Les variations de débit d'un distributeur peuvent être également dues à l'usure de l'orifice car les sections de passage sont généralement faibles (diamètre variant entre 1 à 2 mm). Les sections des distributeurs doivent être fabriquées avec une grande précision puisque de petites variations de diamètre occasionnent de grandes variations de débit, sous une même charge.

Les rampes

La plupart des conduites en plastique utilisées en irrigation localisée sont fabriquées à partir de:

- Chlorure de polyvinyle, PVC
- Polyéthylène, PE (basse ou haute densité, BD ou HD)
- Polypropylène, PP

Les PE sont les plus utilisés pour les petits diamètres, alors que les PVC sont plus utilisés pour les gros diamètres, en raison de leur résistance à la pression. Le classement des conduites se fait suivant le coefficient normalisé de dimension, qui traduit la pression maximale de service ainsi que la classe de pression.

Pompes doseuses et injecteurs

Le choix d'un appareil d'injection doit tenir compte de la concentration requise en engrais et de la précision souhaitée. Les autres critères sont la mobilité, le coût et le mode de fonctionnement.

On distingue:

- Les dilueurs
- Les pompes doseuses hydrauliques (placées en lignes ou en dérivation)
- Les pompes doseuses électriques



Pompe doseuse électrique

Les dilueurs sont constitués d'une cuve étanche dans laquelle on introduit l'engrais sous forme solide mais soluble. La cuve est montée en dérivation sur la conduite principale de l'irrigation, à l'amont du filtre à tamis. Le temps de dissolution des fertilisants n'est pas toujours bien connu des opérateurs et la concentration de l'engrais varie fortement entre le début et la fin de l'irrigation. La cuve doit être vidée à la fin de chaque irrigation. Le volume de la cuve varie entre 50 et 300 litres, ce qui limite la surface à irriguer à 1/2 hectare en culture légumière et 1 hectare en arboriculture.

Les pompes doseuses hydrauliques fonctionnent d'une manière régulière en aspirant et en refoulant une quantité constante et connue de solution fertilisante dans la conduite d'irrigation. Le démarrage et l'arrêt peuvent être commandés par une vanne volumétrique ou par une électrovanne. Leur fonctionnement est précis.

Les pompes doseuses électriques sont constituées d'un moteur électrique qui entraîne une pompe à membrane ou un piston. Elles sont précises et permettent de disposer d'une gamme étendue de débits d'injection. Plusieurs pompes peuvent être montées en parallèle pour injecter simultanément plusieurs solutions. L'énergie électrique est nécessaire.

Filtration

L'irrigation goutte à goutte nécessite une filtration adéquate des impuretés contenues dans l'eau d'irrigation ainsi que celles qui peuvent se former en cours d'utilisation. Pour cela, il existe plusieurs types de filtres.

Les filtres à sables sont remplis de couches de gravier calibré pour arrêter les particules solides et organiques. Ils sont généralement munis d'un montage de contre-lavage qui permet leur nettoyage, réalisé lorsque la perte de charge est comprise entre 5 et 10 m. Un filtre à sable est suffisant pour un débit allant de 10 à 15 m³/h. Pour les débits supérieurs, on utilise une batterie de filtres. Pour plus d'assurance, le filtre à sable est suivi d'un **filtre à tamis** ou d'un **filtre à disques**. Le séparateur centrifuge, ou l'hydrocyclone, est placé avant le filtre à sable, quand l'eau est chargée de sable.

Assez souvent, on recommande de retenir les particules de granulométrie supérieure au 1/10 de la plus petite dimension de passage de l'eau dans les distributeurs. L'arrêt des particules plus petites ne fait qu'accélérer le colmatage des filtres. Une filtration de 150 microns (100 mesh) est souvent utilisée pour l'irrigation localisée ou par aspersion. Dans ce dernier cas, on pense aussi à l'usure des buses des asperseurs.



Hydrocyclone



Filtre à sable



Filtre à tamis



Filtre à disques

L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants:

- sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante;
- sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface;
- terrains à pente irrégulière avec micro-relief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées (les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage) et aussi lorsque l'irrigation se fait avec l'eau salée sur des plantes au feuillage sensible au sel.

Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression: **a)** la dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol; **b)** les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques et **c)** Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer.

Aspersion traditionnelle

Les arroseurs utilisés en agriculture sont à rotation lente. Cette rotation est obtenue par le va-et-vient d'un bras de levier qui porte un seul aubage et qui oscille sous l'effet de l'impact d'un jet qui s'échappe d'une buse. Les petits arroseurs ont des buses de 4 à 7 mm de diamètre. La portée de leur jet est relativement faible, leur pression de service se situe entre 2,5 et 3,5 bars et les gouttelettes d'eau obtenues sont de petite taille. Les arroseurs moyens ont des buses de 8 à 14 mm de diamètre et nécessitent une pression de service d'au moins 4 bars. Les grands arroseurs ont des buses de 15 à 25 mm de diamètre et fonctionnent à des pressions d'au moins 4,5 bars. Ils ont une pluviométrie horaire élevée et conduisent à la formation de grosses gouttelettes. La taille des gouttelettes ne doit occasionner aucun dommage ni au sol, ni à la culture. Une augmentation de la pression s'accompagne normalement d'une réduction de la taille des gouttelettes. L'angle idéal d'inclinaison par rapport au plan horizontal est de 32° en conditions calmes. Les perturbations causées par le



Aspersion classique

vent sont influencées par le montant sur lequel repose l'arroseur ainsi que l'angle de projection du jet d'eau. La plupart des arroseurs moyens à usage agricole ont des angles compris entre 25 et 26°, alors que ceux des grands arroseurs se situent entre 23 et 24°.

Dans l'irrigation par aspersion, on rencontre les installations suivantes:

Les installations mobiles portatives comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et sont présentées en segments, munies de raccords rapides et mesurant en général 6 m de longueur. Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante.

Les installations semi-mobiles portatives ont des canalisations principales qui sont fixes et enterrées à intervalles réguliers. En général, la station de pompage est permanente, elle est située de manière à réduire le trajet de l'eau. Les canalisations fixes sont généralement en acier ou en amiante-ciment et sont protégées contre la corrosion. D'autres variantes existent, en combinant les tuyaux flexibles.

- Les installations permanentes (ou couverture totale), où les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.

- Les installations temporaires sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte.

Aspersion mécanisée

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique). La conduite peut mesurer de 100 à 500 m, pouvant irriguer jusqu'à 75 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m³/h pour une pression de 6 bars.



Rampe pivotante (pivot)

Le système de rampe frontale diffère de la rampe pivotante par le fait que toutes les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement. L'alimentation en eau se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible. Il nécessite un investissement aussi important



Rampe frontale

sinon supérieur à celui du système à rampe pivotante. La consommation énergétique de ces deux systèmes est élevée.

D'autres types de rampes peuvent très bien convenir à l'irrigation de cultures ayant une hauteur relativement faible, tels que les céréales; ce sont les rampes ou les ailes tournantes.

Les autres types d'installations sont: l'aile traînée ou remorquée, bras tournant ou arroseur géant, et le canon automoteur (machine automotrice d'irrigation à tuyau flexible: enrouleurs).



Rampe tournante

Les enrouleurs

Les enrouleurs sont des machines d'irrigation à tambour et à tuyau flexible. Ils sont actuellement désignés par "enrouleurs" à cause de leur principe de fonctionnement. En effet, le porte asperseur est placé à l'une des extrémités du flexible et l'autre extrémité est fixée sur le tambour sur lequel il s'enroule. Ainsi, l'irrigation s'effectue peu à peu sur une bande en tirant le porte asperseur. L'enrouleur peut également fonctionner avec une rampe.

L'enrouleur est une machine automotrice disponible en plusieurs tailles; la longueur et le diamètre peuvent respectivement varier entre 100 et 600 m et entre 50 et 140 mm. Le débit peut atteindre 50 m³/h et la portée du jet de l'asperseur peut dépasser 100 m de rayon.

L'enrouleur est constitué des éléments suivants: le tambour, le châssis, le mécanisme d'enroulement, l'asperseur et le porte asperseur, le flexible en polyéthylène, un système de régulation de la vitesse d'avancement, un système d'enroulement uniforme du flexible et un système de sécurité de fin de course. Le tambour et le châssis doivent supporter une grande charge car le flexible est généralement non drainé entre les opérations. Les grandes machines peuvent contenir un poids allant à plus de 5 tonnes. Le tambour doit en plus supporter un grand couple pour pouvoir tirer le flexible rempli d'eau le long du terrain. Durant l'utilisation de l'enrouleur, un mécanisme d'entraînement fait tourner le tambour qui à son tour enroule le flexible lentement et tire le porte asperseur le long du terrain. Le tambour est entraîné par une chaîne, un engrenage ou un système d'ergot actionné à l'aide d'une turbine, d'un soufflet ou d'un moteur auxiliaire essence ou diesel. Le système d'entraînement à piston est abandonné à cause de sa forte oxydation par l'eau d'irrigation.

La conception de la turbine est spécialement faite pour des applications à charges variables tel que l'enrouleur dont la charge varie en fonction de la quantité du flexible non encore enroulé et qui se trouve sur le sol. La turbine possède des avantages tels que l'enroulement silencieux et régulier. Elle permet aussi d'atteindre de grandes vitesses, ce qui permet à l'irrigateur d'appliquer de faibles doses. Un autre avantage de l'utilisation de la turbine réside dans le fait que la totalité du débit moteur est réutilisé pour l'irrigation et non déchargé à proximité de l'emplacement de la machine. Finalement, le



Enrouleur en fin d'irrigation



Enrouleur branché sur réseau sous pression



Enrouleur avec surpresseur



Canon d'irrigation pour enrouleur

fonctionnement de la turbine n'est pas affecté par les eaux chargées et présente une technologie simple.

Les soufflets sont en principe utilisés pour les petites unités équipées par des flexibles ayant un diamètre inférieur à 94 mm. Le fonctionnement du soufflet est discontinu et occasionne une diminution du débit utile, alors que dans le cas de la turbine une diminution de la pression d'entrée est observée.

Le moteur auxiliaire (essence ou diesel) permet à l'enrouleur de fonctionner sans perte ni de pression ni de débit et aussi d'atteindre de grandes vitesses d'avancement de l'ordre de 200 m/h. Ce type d'enrouleurs équipés de moteur auxiliaire conviendrait à des zones munies d'un réseau d'irrigation sous pression; cela éviterait l'utilisation d'un surpresseur.

Le porte asperseur peut être soit un chariot soit un traîneau, leur conception est faite pour réduire au minimum l'endommagement des plantes. Les enrouleurs modernes sont munis de chariot à deux roues réglables pour s'adapter à différents espacements des cultures. Ces chariots peuvent être stabilisés en cas de besoin par des poids supplémentaires ou par le remplissage des roues par de l'eau.

Le flexible est non renforcé, il est fabriqué à l'aide de formulations spéciales de polyéthylène (PE) pour combiner à la fois une grande rigidité et une grande flexibilité. Ces caractéristiques sont obtenues en variant la densité du PE. Le flexible peut être soudé par simple échauffement des deux bouts cassés.

L'enrouleur est également équipé d'un système de régulation de vitesse d'avancement du porte asperseur, qui en principe augmente durant l'irrigation. On rencontre deux types de régulations: 1) une régulation mécanique basée sur l'augmentation du diamètre du tambour (une barre constamment en contact

avec le diamètre extérieur formé par le flexible enroulé agit en conséquence sur le mécanisme d'entraînement), ou 2) une régulation électronique basée sur la mesure directe de la valeur réelle de la vitesse d'avancement. La mesure se fait par une petite roue mise en contact avec le flexible.

Après avoir installé le porte asperseur au bout du terrain à irriguer, il suffit alors d'alimenter l'enrouleur en eau sous pression et d'engager le mécanisme d'entraînement. Au cours de l'irrigation, l'effort de frottement diminue avec la longueur du flexible déroulé sur le sol, ce qui entraîne une augmentation de la vitesse d'avancement au cours de l'irrigation. Par souci d'avoir une distribution uniforme de l'irrigation, la vitesse d'avancement doit varier en fonction de la pression de l'asperseur. Une variation de vitesse d'avancement de plus de 10 % n'est pas recommandée.

Utilisation, entretien et sécurité dans le pompage

Automatisation de l'irrigation

Les vannes automatiques sont des appareils dont l'ouverture et/ou la fermeture sont effectuées automatiquement par un dispositif intégré ou monté à proximité ou sur la vanne. Le dispositif de commande de la vanne hydraulique peut être mécanique (vanne volumétrique) ou électrique (électrovanne).

Les vannes hydrauliques sont équipées d'une membrane dont la déformation sous l'effet de la pression de l'eau provoque son ouverture ou sa fermeture. Les vannes dites normalement ouvertes, le sont lorsqu'aucune pression externe n'est exercée sur la membrane. La fermeture est provoquée par l'application d'une pression sur la membrane. Elles peuvent servir pour une multitude de fonctions comme la régulation de débit, la régulation de niveau, l'anti-retour, le remplissage des citernes, la commande de pompe, la réduction de pression...

Les électrovannes sont de petites vannes qui commandent la pression externe qui sera appliquée sur la membrane de la vanne hydraulique. L'ouverture du circuit est commandée par le déplacement d'un noyau de fer doux par un solénoïde alimenté soit par un courant de maintien de 24 Volts, soit en recevant des impulsions électriques pour le faire passer de la position fermée à la position ouverte, et vice-versa.

Les vannes volumétriques sont des vannes associées à un compteur. Pour les vannes semi-automatiques, l'ouverture est manuelle et le volume d'eau à apporter est programmé sur la vanne. Lorsque ce volume est écoulé, la vanne se ferme. Elle peut être associée à plusieurs vannes hydrauliques et peut faire l'objet d'une automatisation dans une installation d'irrigation. Cette solution est rarement utilisée car les vannes volumétriques sont chères. Cependant, un programmeur associé à plusieurs électrovannes est souvent utilisé pour l'automatisation d'une installation d'irrigation. La planification des irrigations ne peut être réalisée par un simple programmeur muni d'une horloge. En effet, le pilotage des irrigations repose soit sur le sol, où l'on doit détecter l'état hydrique, soit sur la plante où l'on doit détecter son état. D'autres techniques font appel à la thermométrie infra-rouge, ou à l'estimation de l'évapotranspiration.

Comment utiliser les pompes?

Avant l'amorçage

- Vérifier s'il y a suffisamment de lubrifiants ou graisse dans tous les paliers,
- Tourner l'arbre d'entraînement manuellement pour voir s'il tourne librement et sans jeux excessifs,
- Ouvrir à fond la vanne dans la tuyauterie d'aspiration et nettoyer la crépine,



Vanne volumétrique

Electrovanne

• S'assurer que la vanne de décharge (vanne de refoulement) est fermée. Par contre, dans le cas des pompes axiales, il est parfois impossible de réussir l'amorçage car la puissance requise est maximale lorsque le démarrage se fait à vanne fermée.

Précautions au démarrage

• Enlever les boulons du couplage et vérifier le sens de rotation du moteur. Cette opération est effectuée une seule fois lors du premier démarrage après l'installation ou bien après une réparation dans le moteur électrique et surtout lorsqu'un changement a eu lieu sur le câblage.

• Effectuer l'amorçage avec suffisamment d'eau. Dans le cas du clapet de pied, remplir la tuyauterie d'aspiration ainsi que le corps de pompe jusqu'à l'orifice de remplissage. Dans le cas d'absence de clapet de pied, une pompe à vide est utilisée pour évacuer l'air de la tuyauterie d'aspiration et remplir d'eau la partie d'amorçage.

• Démarrer la pompe en gardant la vanne de décharge fermée. Une fois que les manomètres d'aspiration et de refoulement indiquent les valeurs spécifiées, on procède à l'ouverture graduelle de la vanne. Si la pompe tourne durant une période assez longue avec la vanne de décharge fermée; la température du liquide pompé s'élève et l'air s'accumule dans le corps de la pompe.

Précautions durant le fonctionnement

• **Vérifier les paliers:** vérifier que la rotation s'effectue d'une manière régulière et silencieuse. Vérifier aussi que la température extérieure du palier ne dépasse pas de trop la température ambiante.

• **Vérifier la presse-étoupe:** l'eau qui alimente les presse-étoupes doit être claire et sans impuretés. Vérifier s'il n'y a pas une élévation de température anormale causée par un serrage exagéré ou irrégulier de la presse-étoupe. Le débit le plus convenable, qui va minimiser les frottements et le surchauffage, est celui qui va permettre à une petite quantité d'eau de tomber sous forme de gouttes d'une manière continue de la presse-étoupe.

• **Vérifier l'existence de bruits et de vibrations:** Si l'air est aspiré à l'intérieur de la pompe, il peut causer un bruit anormal. Dans ce cas, des vibrations peuvent aussi se produire.

• **Vérifier la pression, le débit et l'ampérage:** s'assurer que les fluctuations de la pression, du débit et de l'ampérage ne sont pas importantes. Ceci arrive lorsque l'air est aspiré ou un corps étranger est capté par la roue ou la cage du clapet de pied est colmatée.

Précautions après l'arrêt

• Fermer la vanne de décharge et les robinets de pression avant l'arrêt du moteur d'entraînement. Dans le cas des pompes axiales, elles sont généralement installées pour former un siphon. Ainsi, on ouvre la vanne de mise sous vide puis on vide la pompe de son eau avant d'arrêter le moteur.

• Quand le clapet de pied n'est pas installé, on ouvre la vanne de mise sous vide en même temps que l'arrêt de la pompe et on fait acheminer l'eau se trouvant dans la pompe vers le réservoir d'aspiration.

• Dans le cas d'une panne de courant, en plein fonctionnement de la pompe, en premier lieu on baisse le commutateur marche-arrêt et on ferme la vanne de décharge en même temps. Dans le cas d'une pompe axiale, ouvrir la vanne de mise sous vide avant de fermer la vanne de décharge.

• Quand il est prévu de laisser la pompe en arrêt pendant une longue période, on ouvre le robinet de drainage pour vider la pompe de son eau. En plus, il faut procéder à d'éventuels entretiens tel que le graissage des parties susceptibles de rouiller (les paliers, les arbres, les presse-étoupes).

Maintenance des pompes en opération

• Quand une ou plusieurs pompes sont installées, préparer un bloc notes pour chaque pompe et noter les résultats des inspections et des réparations effectuées.

• Généralement, on effectue des opérations périodiques de maintenance des pompes selon le calendrier suivant:

a- vérifier, une fois par mois, l'alignement de l'accouplement direct entre la pompe et le moteur,

b- changer l'huile de lubrification des paliers une fois par trimestre. Changer la graisse des paliers une fois par an,

c- effectuer, une fois par an, une visite approfondie des organes (démontage et examen minutieux),

• quand l'anneau à lanternes est usé, il doit être remplacé car la fuite d'eau s'accroît et le rendement de la pompe diminue,

• quand l'usure des roulements est avancée, les vibrations de la pompe augmentent, il faut donc procéder à leur changement,

• quand l'eau s'écoulant de la presse-étoupe augmente, même après le changement de la garniture, remplacer la douille d'usure.

Les instruments de sécurité pour le fonctionnement automatique

Quand le nombre de machines augmente, il est difficile de rapidement localiser les lieux et les causes des pannes. Pour réduire les temps d'arrêt, il est recommandé de se munir de suffisamment de sécurité et d'instruments de protection. Il est aussi important de s'arranger pour que ces problèmes soient indiqués collectivement sur un même tableau et classifiés suivant le type de problèmes.

Cependant, on ne peut munir chaque équipement d'instruments de protection et pour tous les dysfonctionnements possibles. Généralement, les équipements sont munis de protections nécessaires pour effectuer une tâche particulière:

- surcharge du moteur principal ou auxiliaire
- chute anormale de tension
- défaut de terre
- fonctionnement à sec
- arrêt général (prévention de surchauffe)
- chute anormale de pression de refoulement
- surchauffe des paliers (de la pompe ou du moteur)
- niveau d'eau anormal, dans les cas d'aspiration ou de refoulement
- interruption de l'huile de lubrification alimentant les paliers
- interruption de l'eau lubrifiant la presse-étoupe
- démarrage irrégulier (broyant ou par à coups)

Quand un problème est détecté, il est classé soit problème majeur ou problème mineur, selon son importance dans le fonctionnement. Dans le premier cas, la pompe est arrêtée. Dans le second cas, une alarme sonne et/ou la partie qui pose le problème est isolée du système. Les indications sont rassemblées collectivement sur un tableau dans un bureau de contrôle pour faciliter les observations et le contrôle.

Normes et sécurité de travail liées à l'entretien des stations de pompage

Le lieu et l'environnement du travail ne doivent pas être nuisibles pour la santé des agents. Dans un lieu de travail, comme les stations de pompage, on doit assurer d'une manière continue et systématique la sécurité et la santé des agents. Pour atteindre cet objectif, un certain nombre d'éléments relatifs à l'environnement du travail sont à observer de plus près.

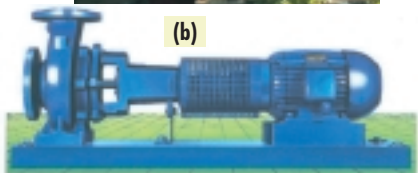
L'ergonomie

L'ergonomie a souvent été oubliée dans nombre de réalisations, notamment industrielles, par souci économique. Dans certains cas, l'ergonomie paraissait comme un luxe. En fait, il n'est pas naturel d'avoir mal au dos et aux épaules en effectuant un travail. Beaucoup de gens souffrent de ces maux, sans raison valable, mais uniquement par mauvaise habitude acquise durant le travail. Un des aspects les plus courants est de travailler dans des atmosphères désordonnées et qui occasionnent des accidents. La satisfaction dans le travail et le bien-être dans le lieu de travail sont nécessaires, non seulement pour assurer un bon rendement mais aussi pour affronter les concurrences des années à venir.

(a)



(b)



Groupe électrogène (a) sans ou (b) avec cache

Les accidents de travail

Le but est de réduire, au fil des années, le nombre d'accidents de travail. Les statistiques actuelles montrent que le secteur de l'agriculture n'est pas le plus meurtrier, au point de vue accidents. Cependant, cette situation risque de changer, vue le développement de la mécanisation dans le monde agricole et rural.

Il est donc nécessaire de rester vigilant quant à l'utilisation des machines d'une manière générale et surtout les machines tournantes. Nous pouvons tous remarquer qu'à l'heure actuelle il y a encore des accouplements pompe-moteur nus et des cardans qui tournent sans caches. Les coûts additionnels ne doivent pas freiner les bonnes manières de la prévention. Aussi, il faut faire appel aux professionnels pour effectuer les réparations nécessaires.

Le Recensement Général de l'Agriculture (RGA) de 1996 avait fait ressortir une évolution remarquable des groupes moto-pompes par rapport au recensement de 1974. En effet, le nombre de moto-pompes est passé de 3.900 à 154.000 unités, soit une augmentation annuelle de 7.000 unités. Ceci veut dire que désormais, les règles élémentaires d'utilisation ainsi que les règles de sécurité doivent être vulgarisées d'une manière rigoureuse.

Les accidents les plus fréquents sont d'origine électrique:

- beaucoup d'accidents ont résulté, suite à un contact soit au niveau de la station de pompage ou dans le périmètre irrigué;
- la vidange d'une conduite levée au ciel qui touche un poteau électrique occasionne des chocs sévères;
- un asperseur qui arrose une ligne électrique est un danger pour toutes les personnes qui sont en contact avec l'ensemble du réseau;
- les moteurs électriques doivent être reliés à une (bonne) terre et avec des fils bien dimensionnés. Des cas d'accidents sont arrivés en touchant un moteur électrique;
- pour éviter les chocs électriques, dus à un système d'irrigation, il est conseillé d'inspecter les lieux et d'évaluer le potentiel des accidents afin de les éviter.

Les bruits internes

Les machines tournantes engendrent inévitablement des bruits plus ou moins forts. Malheureusement, les techniciens qui travaillent dans des enceintes fermées ne sont généralement pas responsables de la conception des bâtiments et encore moins de celle des machines. De ce fait, le rendement ainsi que la santé des personnes peuvent être affectés sérieusement lorsque le seuil limite toléré du bruit en décibels (db) est dépassé. Les normes actuelles font une grande distinction entre les limites du bruit dans les zones industrielles et les zones rurales. Dans les zones industrielles, les limites sont hautes vu qu'il est difficile de réduire les bruits. En général, le seuil de 80 db ne doit pas être dépassé. Les mesures en db à l'extérieur des bâtiments doivent être de 45 db le jour en semaine, 40 db de 20 à 22 h et 35 db de 22 à 6 h.

L'exercice d'urgences

Pour améliorer la capacité d'intervention en cas d'éventuelles urgences, les agents doivent s'entraîner régulièrement sur les schémas d'urgences. Ces entraînements ont pour objectifs de montrer comment

Formation Continue

Centre de Formation en Mécanisation Agricole

Module 1: Utilisation et management des équipements agricoles

Objectif

L'objectif principal de cette formation est de doter les participants des outils leur permettant de bien connaître les caractéristiques technologiques des équipements agricoles, leurs modes de réglage et de maintenance, leurs performances techniques et leurs critères de choix, leurs gestion et leurs mise en œuvre dans les conditions locales.

Public

Cette formation est destinée à un large public opérant dans le secteur agricole. Elle concerne les ingénieurs et les techniciens chargés du conseil aux agriculteurs, les chefs d'exploitation avertis, les formateurs en machinisme agricole, les responsables de parcs de matériel agricole, et les cadres responsables de projets de développement au niveau régional.

Organisation

Deux sous-ensembles constituent ce premier module relatif à l'utilisation et le management des équipements agricoles: (1) Thèmes de base d'une durée de 5 semaines réparties sur l'ensemble de l'année agricole à raison d'une semaine par session. (2) Thèmes spécialisés modulables en fonction de la demande et d'une durée d'une semaine chacun. Durant l'année 2001, ces thèmes traiteront du matériel d'élevage (1 semaine) et du matériel d'irrigation (1 semaine).

Pédagogie

La méthode de travail adoptée au cours de cette formation est basée sur une expérience de plusieurs années. Ainsi, l'accent sera essentiellement porté sur la pratique en associant à la formation des professionnels de terrain et de l'industrie. Une infrastructure moderne comprenant des bancs d'essai et du matériel didactique et informatique spécialisé sera mise à la disposition des participants. A chaque thème est associé une documentation détaillée et riche en information pratique.

Programme:

Thème de base: Matériels de production

Session 1: Moyens de traction (16 au 20 Avril 2001)

Resp. pédagogique: Prof. Baali

- Les moteurs thermiques,
- Les caractéristiques des tracteurs agricoles
- Entretien et maintenance

Session 2: Récolte (21 au 25 Mai 2001)

Resp. pédagogique: Prof. Assit. El Baggari

- Matériels de récolte des céréales
- Matériels de récolte des tubercules

Session 3: Installation des cultures (10 -14 Sept 2001)

Resp. pédagogique: Prof. Bourarach

- Outils de travail du sol
- Matériels de fertilisation
- Matériels de semis



Pour tout renseignement (inscription et programme détaillé), s'adresser à: Centre de Formation en Mécanisation Agricole-Département de Machinisme Agricole, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, B.P. 6202, Rabat-Instituts. Tél. (037) 68 05 12/68 04 55-Fax. 037 77 58 38- e.mail: k.houmy@iav.ac.ma, m.baggari@iav.ac.ma



lutter efficacement contre l'incendie, comment exécuter l'évacuation, les premiers soins, et la marche à suivre, y compris les numéros de téléphones à appeler en premier lieu. Il est recommandé d'effectuer l'exercice de l'urgence une fois par an, afin de rappeler les phases à suivre et tester le matériel installé pour la lutte contre les incendies ■.

Par Prof. Mohammed AZOUGGAGH
Département de Machinisme Agricole
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
m.azougagh@iav.ac.ma

Session 4: Entretien et protection des cultures (22 au 26 Nov 2001)

Resp. pédagogique: Prof. Houmy

- Matériels d'entretien des cultures
- Matériels de protection des cultures

Session 5: Management (24-28 Décembre 2001)

Resp. pédagogique: Prof. Jenane

- Coûts d'utilisation du matériel agricole
- Etude de cas: Choix d'un système d'équipement agricole

Thèmes spécialisés

Thème 1: Le matériel d'élevage (18-22 Juin 2001)

Resp. pédagogique: Prof. El Himdy

- Bâtiments d'élevage
- Equipements d'élevage

Thème 2: Le matériel d'irrigation (1-5 Oct 2001)

Resp. pédagogique: Prof. Azougagh

- Choix des pompes
- Irrigation par aspiration
- Irrigation localisée

Frais de participation

Thème de base: Les frais de participation pour les 5 sessions sont de vingt mille dirhams par stagiaire (20.000 dh). Ces frais couvrent la formation théorique et pratique, l'hébergement, la restauration et les sorties sur le terrain.

Thèmes spécialisés: Les frais de participation à ces thèmes sont de quatre mille dirhams par stagiaire et par session (4000 dh/stagiaire/session). Ces frais couvrent les mêmes articles que ceux cités pour le thème de base.

Certificat

A la fin de la formation, des certificats co-signés par l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II et l'Agence Japonaise de Coopération Internationale, seront délivrés aux participants ayant suivi avec succès toutes les activités programmées ■.

