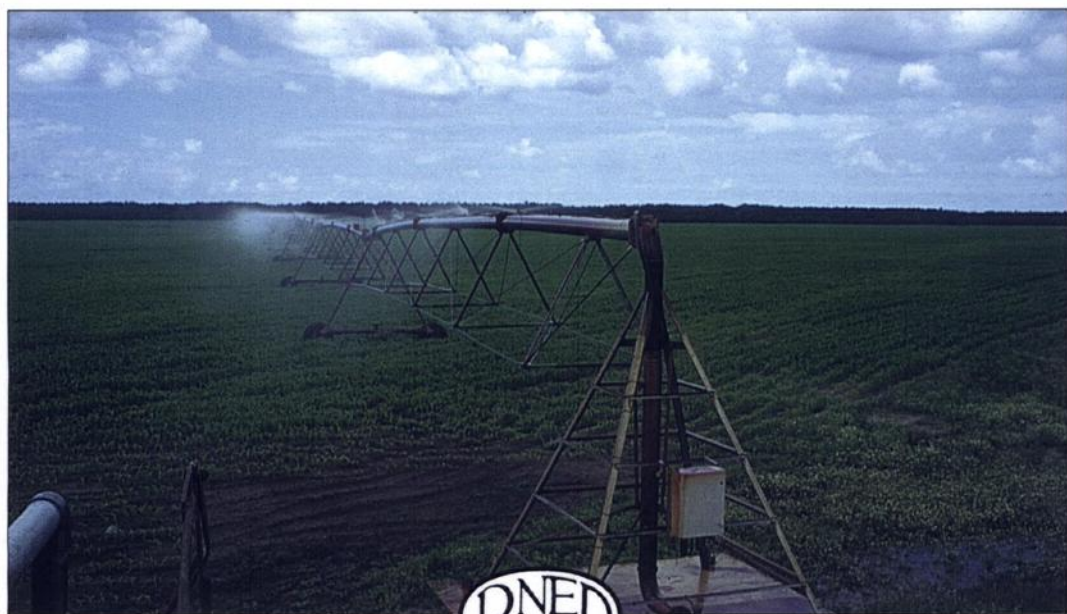


# Le pivot



*Cemagref*  
EDITIONS



# **LE PIVOT**

Ce document a été élaboré par le sous-groupe "Pivot" du Secteur Hydraulique du RNED composé de - **Délégué de secteur** : Léopold RIEUL, **animateur de sous-groupe** : Bruno MOLLE (Cemagref), **membres** : **DELROS** (CA 40), **PRIM** (CA 47), **BASSEZ** (TRAME), **BOSSIS** (CA 17), **HISTEL** (OTECH), **WEBER** (CACG), **RIEUL** (RNED-HA), PENADILLE (Cemagref), PITON (ARDEPI), ALLIOT (CA 28), HABERSTOCK (CA 64), LEDORE, DES-FONTAINE (BRL), BREMOND, AUGIER, BAUDEQUIN (Cemagref), PROUZET, CASSOU (GRCETA-SFA).

Les membres en caractères gras ont rédigé les documents de base.

---

Le Pivot - Réseau national expérimentation, démonstration, secteur Hydraulique agricole  
Photos : B. Molle, Cemagref (Bordeaux), Photo de couverture (B. Molle) : Pivot en fonctionnement, Coordination de l'édition : J. Baudel - Maquette de couverture - Mise en page : G. Suluja, Cemagref-Dicova, Impression et façonnage : Imprimerie Louis Jean, 05003 Gap. ISBN : 2-85362-413-7 - Dépôt légal : 3<sup>e</sup> trimestre 1995.

# Sommaire

Le pivot (rampe pivotante)	7
Les rampes frontales et les pivots déplaçables	41
Les techniques d'épandage par aspersion	51



# **Le pivot (rampe pivotante)**

<b>Principe de l'irrigation par pivot</b>	<b>8</b>
<b>Descriptif technique</b>	<b>9</b>
<b>Mode de fonctionnement</b>	<b>18</b>
<b>Dimensionnement</b>	<b>20</b>
<b>Maintenance, surveillance des pivots</b>	<b>33</b>
<b>Approche du coût d'installation d'un pivot</b>	<b>35</b>





---

# Le pivot (rampe pivotante)

---

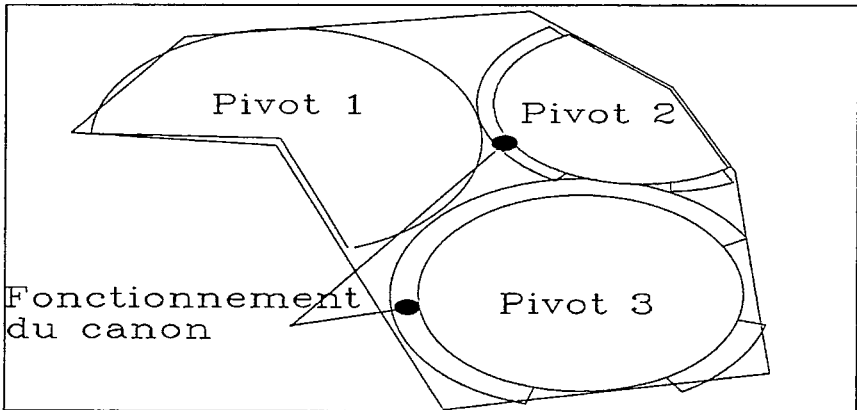
Le pivot également appelé rampe pivotante est un appareil d'irrigation mobile, arrosant en rotation une surface circulaire ou semi-circulaire. Il est en général à poste fixe, mais il peut être conçu pour être déplacé d'un poste à l'autre (cf. Chapitre "Les rampes frontales et les pivots déplaçables").

L'irrigation par rampe d'arrosage (pivot ou rampe frontale) inventée aux USA vers la fin des années 40, a débuté en France au cours des années 60. Convenant bien à l'irrigation des grandes surfaces, le pivot s'est d'abord développé dans les zones plates des Landes, sur des parcelles de grande taille (jusqu'à 200 ha). Il se développe de plus en plus dans des zones où son utilisation semblait moins évidente, sur des parcelles plus petites et dont la pente peut atteindre localement 15 % grâce à des solutions déplaçables et avec possibilité d'épandages de fertilisants et pesticides. La longueur "idéale" d'un pivot (investissement, charges d'entretien, risques) se situe aux alentours de 450 m, soit une parcelle de 65 ha environ.

L'intérêt essentiel de ce type de matériel est sa simplicité de mise en œuvre, ses possibilités de fonctionnement automatique et ses performances en terme d'uniformité d'apport d'eau.

Le fonctionnement électrique du pivot offre une grande souplesse d'utilisation, et permet d'arroser des parcelles de forme non circulaire (*figure 1*).

Le développement des techniques d'épandage par aspersion (fertilisants et produits phytosanitaires), relativement faciles à mettre en œuvre sur ces machines, contribuera à abaisser encore leur seuil de rentabilité.

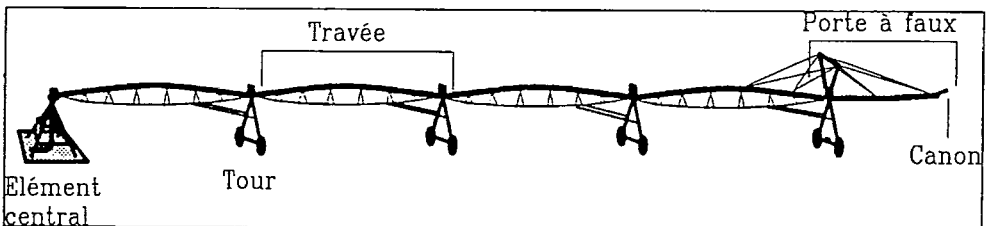


*Figure 1 : Disposition possible d'une couverture par pivot sur une parcelle de forme quelconque*

## **Principe de l'irrigation par pivot**

Le pivot est constitué par une canalisation de grande longueur, tournant autour d'un axe ou pivot par lequel se fait l'arrivée d'eau et d'électricité (*figure 2*).

La canalisation est portée, de proche en proche, par des tours équipées de roues, animées par des moteurs électriques. Les tours séparent l'appareil en travées rigidifiées par un système de triangulation et de tirants, la canalisation tenant lieu de poutre.



*Figure 2 : Schéma de principe d'un pivot*

L'eau est distribuée par des asperseurs ou des buses disposés le long de la canalisation. Un canon d'extrémité, placé au bout du porte-à-faux complète souvent l'équipement.

Le mouvement de la rampe est discontinu, l'alignement de l'ensemble est commandé au niveau de chaque tour par des contacteurs, sensibles à l'angle formé par deux travées contiguës.

Le réglage de la vitesse d'avancement se fait par modification du temps de fonctionnement du moteur de la dernière tour, au cours d'un cycle d'une minute.

## Descriptif technique

### Caractéristiques générales

- *L'élément central*

C'est le point où se fait l'arrivée d'eau et d'électricité. L'élément central est généralement fixé sur une dalle en béton équipée d'ancrages scellés dans des plots dont le volume dépend du type de structure de la machine (*figure 3*).

La dalle doit permettre de résister au couple de retournement exercé par la rampe ; son volume minimum dépend du type de structure (cf. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n°35, 1980, "La mécanisation de l'irrigation par aspersion"). Chaque ancrage doit être capable de supporter la moitié du couple de renversement résultant. L'eau est amenée à la colonne montante, axe de rotation de l'ensemble. L'électricité est distribuée à la machine soit par un collecteur circulaire à balais pour les appareils effectuant une rotation complète, soit par un câble pour un fonctionnement en secteur.

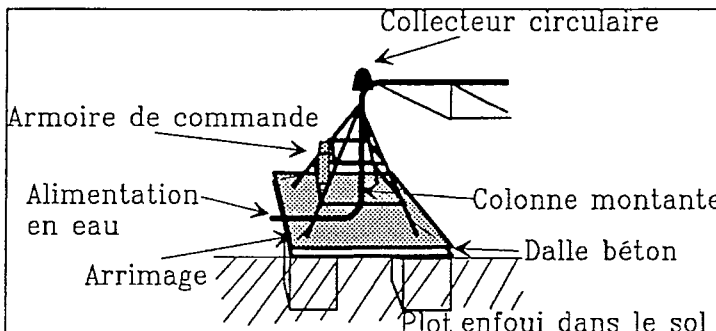


Figure 3 : L'élément central (appelé aussi axe ou pivot)

L'utilisation d'un groupe hydraulique ou d'un groupe électrogène peut se révéler fort intéressante dans les situations où l'alimentation électrique est déficiente (fluctuations de tension) ou simplement difficile (éloignement des lignes).

On peut trouver sur la colonne divers piquages ou vannes, pour assurer la vidange, poser un manomètre, un débitmètre, injecter des produits divers.

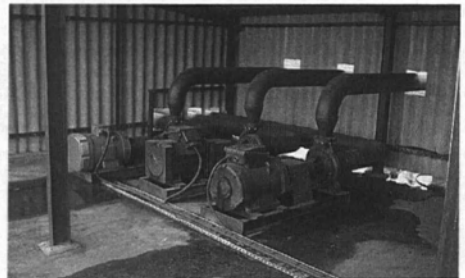
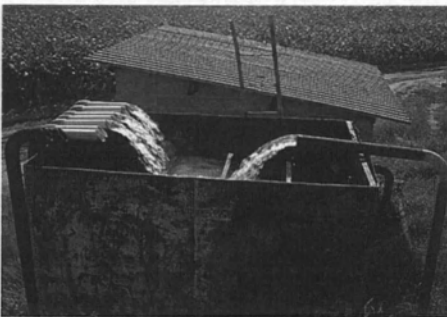
Lorsque l'appareil est équipé d'un canon d'extrémité à fonctionnement intermittent, la commande de l'électrovanne d'alimentation peut se faire à partir de l'élément central.

- *L'alimentation en eau*

Plusieurs solutions sont possibles :

- gavage direct ou alimentation directe : à partir d'un ou plusieurs forages, l'alimentation est directe et ne nécessite pas de pompe de reprise ;
- bêche de reprise : l'eau pompée à partir des forages se déverse dans un bassin. Une pompe de reprise alimente le pivot. Cette méthode permet une bonne observation de l'état de fonctionnement des forages (*figure 4*) ;
- pompage en rivière ou en retenue ; cela revient à un gavage direct ;
- borne d'un réseau collectif : l'eau arrive sous pression, au pied du pivot.

Quand la canalisation d'amenée d'eau est enterrée, il est conseillé de prévoir dès la conception une entrée pour assurer le nettoyage au moyen d'un obus racleur.



*Figure 4 : Bêche de reprise et station de pompage*

Lorsque la qualité de l'eau (charge en particules solides) et les diamètres de buses l'imposent (risque de colmatage), on peut aussi adjoindre un filtre en tête d'installation. Le type de filtre, la taille des mailles sont à choisir en fonction des impuretés aspirées et du diamètre minimal des buses.

- *Les tours et travées (figure 5)*

### **Les tours**

Les tours supportent la canalisation. Elles sont équipées de roues animées par des moteurs électriques, ou hydrauliques (huile) commandés séquentiellement par des micro-rupteurs assurant l'alignement des travées entre elles.

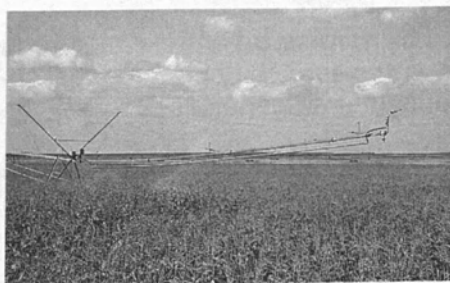
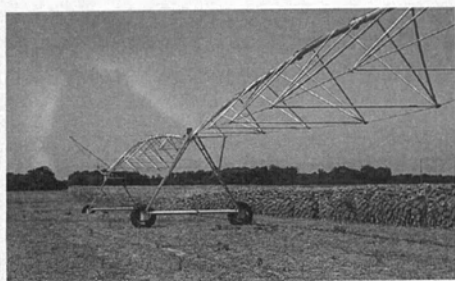
### **Les travées**

Les travées sont comprises entre deux tours. Elles sont constituées par une canalisation servant de poutre, rigidifiées par une structure. D'une longueur de 30 à 65 m, elles laissent un dégagement sous structure de 2.5 à 3.5 m, pour une hauteur totale de 3.5 à 5 m. Les pivots utilisés en arboriculture, peuvent laisser un dégagement sous structure de 5.5 m au moins.

Les grands pivots fixes peuvent avoir plus de quinze travées. Pour les solutions déplaçables, on se limitera à 5 travées.

### **La canalisation**

La canalisation est généralement en acier galvanisé. Elle est constituée d'éléments de 6 ou 12 m, assemblés entre eux par des brides boulonnées.



*Figure 5 : Tours, travées et porte-à-faux*

Son diamètre varie de 114 mm (4,5 pouces) à 219 mm (8,5 pouces) voire 254 mm (10 pouces) pour les plus grands appareils. Son épaisseur varie de 2.5 à 4.0 mm, suivant la situation (abrasion, corrosion, transport de produits divers). Elle peut être revêtue intérieurement (peinture, polyéthylène).

La conduite est équipée de **piquages** à intervalles réguliers (1 à 3 m) destinés à recevoir les organes d'arrosage.

La **liaison hydraulique** entre travées est assurée par une gaine souple ou un manchon métallique avec joints.

La **liaison mécanique** entre travées doit être articulée dans le plan vertical (variations de pentes) et dans le plan horizontal (avancement). Elle permet de tolérer des pentes pouvant aller jusqu'à 15 %. Elle est, en général, assurée par un cardan ou une rotule, lorsque le terrain est vallonné, ou par un joint caoutchouc, lorsque le terrain est plat.

Des vannes de vidange sont placées au point bas de chaque tour.

- *Le porte-à-faux (figure 5)*

L'appareil se termine par une canalisation haubanée, placée en porte-à-faux. D'une longueur pouvant atteindre 24 m, elle est souvent équipée d'un canon d'extrémité. Il est alimenté par un surpresseur si la pression résiduelle l'impose, et fonctionne de manière continue ou intermittente pour s'adapter aux formes de la parcelle.

## **La motorisation et l'alignement**

- *Chaîne cinématique*

**Les motoréducteurs** assurent le déplacement des tours. Ils sont constitués par un moteur électrique et un réducteur. Les moteurs électriques ont une puissance de 0.25 à 3 CV (0.18 à 2.2 kW), ils sont disposés sur les tours, au milieu de la barre transversale qui relie les roues.

Le réducteur divise par 20 à 50 la vitesse du moteur (*figure 6*).

**La transmission** entre le motoréducteur et les roues, utilise différents systèmes (bielles, chaînes, cardans). La transmission par cardan au sortir d'un réducteur se généralise.

**Les réducteurs de roue** divisent par 50 la vitesse de rotation de la transmission. On trouve des réducteurs à vis sans fin, ou à train épicycloïde, qui nécessitent un frein.

**Les roues** existent en différentes dimensions avec différents profils de pneus. Le choix sera fonction de la pression au sol admissible, de la pluviométrie

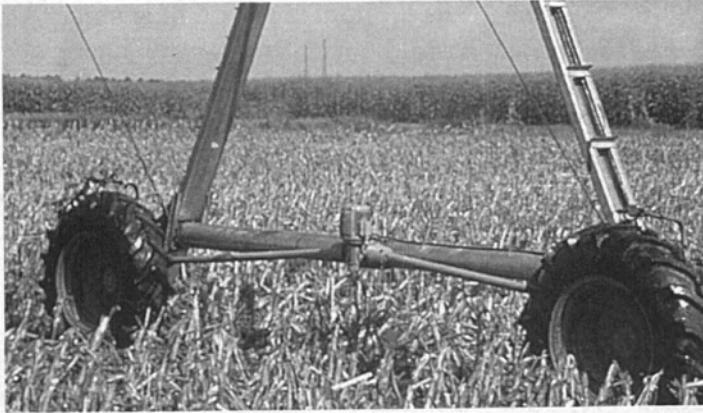


Figure 6 : Motorisation d'une tour

appliquée, de la pente maximale du terrain. Les pneus à profil agraire sont préférés. Sur une même tour les profils sont opposés.

**La vitesse d'avancement** peut varier de 1.5 à 8 m/mn (règle générale : 2.5 m/mn). Plus la vitesse exigée est élevée, plus la puissance nécessaire est importante.

- **L'alignement**

Au niveau de chaque tour un boîtier étanche renferme un système de micro-rupteur à came et à biellettes (figure 7), ou à tiroir dans le cas d'une propulsion hydraulique, permettant de maintenir l'angle entre deux travées dans un intervalle donné (en général 1/3 de degré).

Ce boîtier de tour doit être conforme aux normes électriques en vigueur.

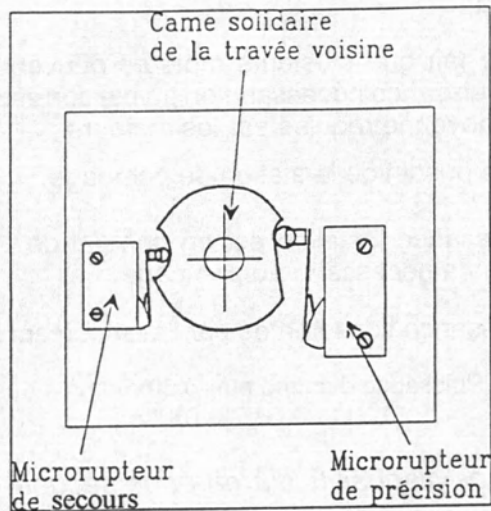


Figure 7 : Schéma du dispositif d'alignement

Chaque boîtier est équipé d'un micro-rupteur de commande et d'un, voire deux, micro-rupteurs de sécurité. Ils interviennent lorsque l'angle entre deux travées contiguës dépasse 1°. Ils arrêtent la rampe et la station de pompage (mise en sécurité).

### ***L'armoire de commande***

Une armoire de commande située au niveau de l'élément central permet de régler la vitesse moyenne d'avancement. Par l'intermédiaire d'un doseur cyclique, on fixe le **temps de fonctionnement** du moteur de la dernière tour au cours d'un cycle d'une minute. Le réglage peut se faire au moyen d'une molette, ou d'un affichage digital.

C'est ainsi que l'on **détermine la dose** apportée par passage.

On trouve également dans l'armoire un coupe-circuit général, le système autorisant le déplacement de l'appareil avec ou sans eau, en avant et en arrière, l'interrupteur de mise en route d'une installation d'injection de produits chimiques (engrais, pesticides).

L'armoire de commande doit satisfaire aux normes électriques en vigueur et être équipée d'un sectionneur extérieur.

### ***Les circuits électriques***

- *Puissance installée-Puissance consommée*

La puissance nécessaire au fonctionnement de la rampe doit prendre en compte :

- le fait que plusieurs moteurs peuvent fonctionner simultanément. La puissance nécessaire en pointe correspond à 1.8 à 2.5 fois la puissance moyenne requise par les moteurs ;
- le besoin de la station de pompage.

La puissance installée est en général de 1kVA par CV, augmentée de la puissance nécessaire au pompage.

La puissance consommée par l'avancement se calcule de la façon suivante :

$$1.23 \times (\text{Puissance d'un moteur} + 0.60 \times \text{Somme des puissances des autres moteurs})$$

- *Les dispositifs d'arrêt et de sécurité*

Etant donnée la taille des appareils et leur mode d'avancement, un certain nombre de sécurités sont nécessaires :



- *disjoncteur magnéto-thermique* disposé sur chaque moteur : fonctionne lors d'un problème électrique. Il arrête la tour, puis la rampe en cas de désalignement ;
- *dispositifs d'arrêt ou d'inversion en fin de parcelle* : utilisés en cas de fonctionnement en secteur, ils peuvent se trouver au niveau de l'élément central (peu précis), au milieu de la rampe ou à son extrémité. En règle générale, on trouve deux interrupteurs ou inverseurs, l'un venant au secours de l'autre en cas de panne et une ou deux butées lestées servant d'obstacle physique à l'avancement vers une zone dangereuse (fossé, route, bâtiment...) ;
- *dispositif empêchant le sur-arrosage* : en cas de patinage ou d'arrêt pour une raison quelconque, une horloge réinitialisée à chaque mouvement de la dernière tour, stoppe l'ensemble de l'installation au bout d'un temps prédéfini.

Un pressostat placé en tête d'installation, arrête le fonctionnement des pompes en cas de baisse de pression (rupture de canalisation, panne de pompe).

Lors de la mise en place de l'appareil, un **contrôle technique par un organisme agréé** doit être effectué selon la réglementation en vigueur, pour obtenir le raccordement au réseau EDF.

### ***Les organes d'arrosage***

Il s'agit d'asperseurs, dont le débit varie le long de la rampe pour tenir compte de l'augmentation de la surface arrosée avec l'augmentation du rayon et des pertes de charges.

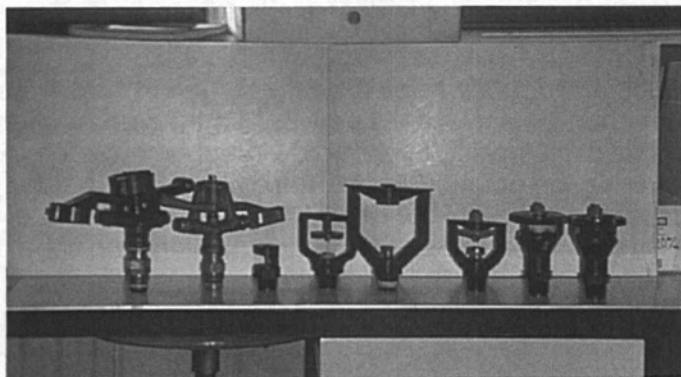
Ils font l'objet d'un calcul résumé dans le "**Plan de busage**", dont les caractéristiques dépendent des paramètres hydrauliques de l'installation (pression et débit disponibles, rugosité des conduites).

**Le plan de busage est fourni et garanti par le constructeur pour les hypothèses de calcul retenues.**

- *Différents types d'asperseurs*

Les rampes d'arrosages peuvent être équipées avec différents types d'asperseurs, chacun ayant des contraintes particulières (*figure 8*).

*Asperseurs à impact (Sprinklers)* : asperseurs à une ou deux buses, en laiton ou en plastique, à angle bas (environ 7°) pour diminuer la prise au vent en limitant la hauteur du jet. Ils exigent une pression supérieure à 2.0 bar. Leur portée comprise entre 12 et 18 m, permet de diminuer l'intensité moyenne de l'arrosage.



**Figure 8 : Quelques asperseurs utilisés sur pivots et rampes frontales**

**Buses ou Sprays :** ces organes d'arrosage fonctionnent à faible pression (0.5 à 3 bar). Leur faible portée (maximale 5 m) entraîne des intensités pluviométriques élevées, ils sont, de ce fait, à éviter sur des sols peu perméables. Ils peuvent être utilisés avec des cannes de descente, pour lutter contre les effets du vent.

**Buses à déflecteur tournant :** ces asperseurs utilisent un déflecteur tournant (rotor), fonctionnant à pression moyenne (de 0.7 à 4.0 bar). Ils peuvent être disposés à l'extrémité de cannes de descente, le rotor peut émettre 1 à 6 jets selon le débit. Leur portée varie entre 8 et 14 m.

### **Remarques importantes**

Les asperseurs utilisables sur les pivots sont d'un type particulier (angle bas, robustesse), il ne saurait être question d'utiliser sur ces appareils des asperseurs de couverture intégrale.

Quel que soit le système, le choix du diamètre de la buse prend en compte la pression disponible, la position sur la rampe, et l'écartement entre asperseurs. L'ensemble de ces données est regroupé dans un document engageant la responsabilité du constructeur : le plan de busage.

Il est possible d'utiliser plusieurs types d'asperseurs sur un même appareil, pour mieux ajuster débit nécessaire et pression disponible.

De même qu'il existe des gammes de pression pour les asperseurs, il en existe pour les buses, leur respect est essentiel.

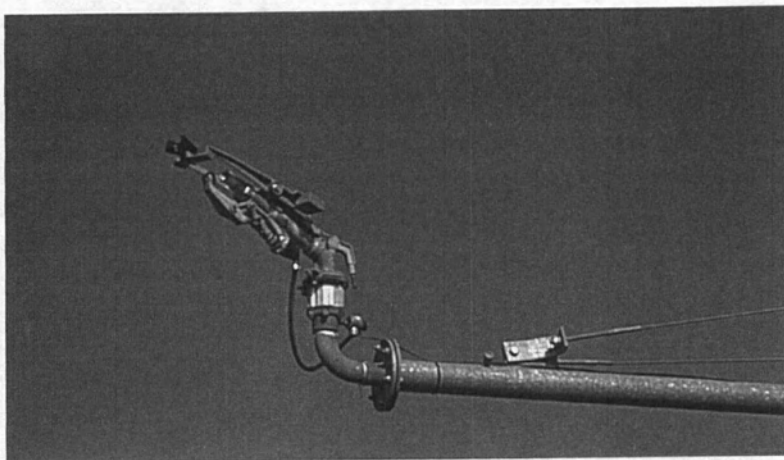


Figure 9 : Canon d'extrémité

- *Dispositifs particuliers*

*Le canon d'extrémité* permet d'augmenter la surface arrosée à moindre coût. Il est possible de le faire fonctionner par intermittence, pour s'adapter au parcellaire. Le canon reste très difficile à régler et ne doit pas être préféré à l'extension de la longueur de la rampe (*figure 9*).

*L'asperseur d'extrémité* : pour les faibles débits un gros asperseur peut remplacer le canon.

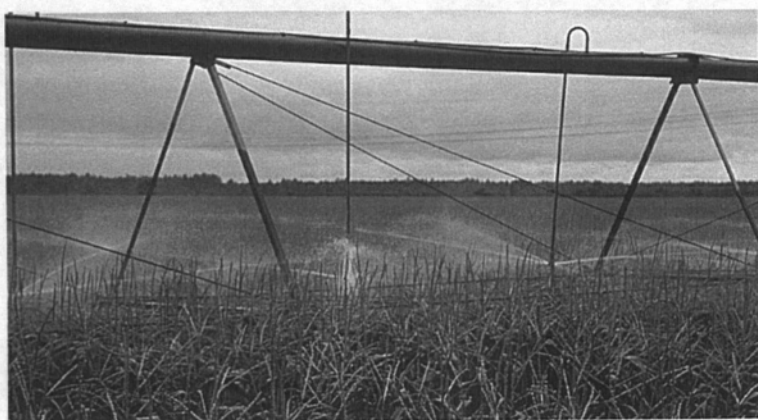
*Les régulateurs de pression* permettent de faire fonctionner des asperseurs à pression constante. Ils compensent les variations topographiques, et limitent les excès de pression en tête. Leur plage de fonctionnement (écart entre pression mini et maxi) est de l'ordre de 4 bar.

*Les buses régulatrices* jouent le rôle de régulateurs de débits. Leur diamètre varie en fonction de la pression. Leur plage de régulation est de l'ordre de 0.5 bar. Elles limitent les risques de colmatage, grâce à leur diamètre variable. Le surcoût par rapport à des buses classiques reste réduit.

*Les cannes de descente* permettent de positionner des asperseurs spéciaux au niveau de la végétation, voire dans celle-ci, pour lutter contre les effets du vent et de l'évaporation.

Cela permet de fonctionner à pression plus faible donc à moindre coût énergétique (*figure 10*).

*Les systèmes très basse pression (LEPA systems)* fonctionnent à très faible pression, (0.3 à 1.5 bar). C'est un système qui allie le faible coût énergétique



*Figure 10 : Arrosage au moyen de cannes de descente*

et une grande précision d'application. Utilisable en maraîchage, cela revient à faire un arrosage par gravité au moyen de tubes de descente souples ou rigides, portant à leur extrémité une ou plusieurs buses, éventuellement traînées à même le sol, ou un asperseur basse pression.

Ces systèmes sont souvent utilisés avec des rampes frontales, sur cultures basses (légumes), pour des arrosages fréquents et peu importants.

Cela impose des travées à structures renforcées, pour supporter la surcharge due aux tubes de descente.

## Mode de fonctionnement

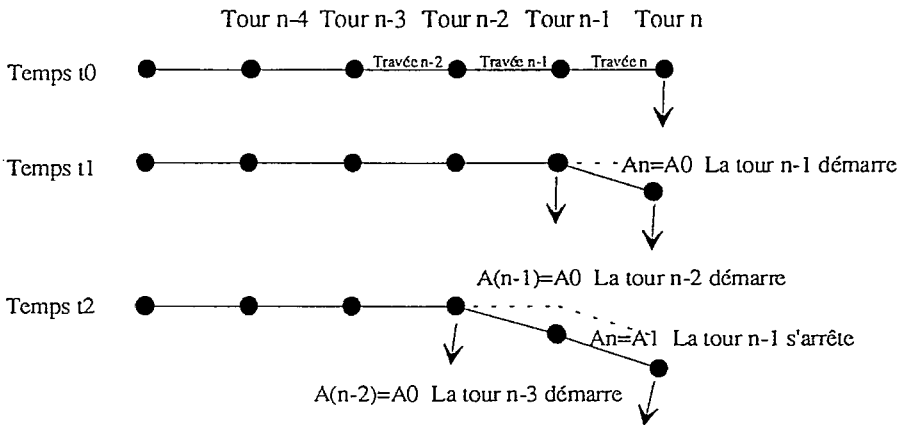
La vitesse moyenne de déplacement de la rampe pivotante est fixée par le temps de fonctionnement de la tour d'extrémité. Le mouvement de l'ensemble de l'appareil se fait ensuite par corrections angulaires successives entre travées, comme décrit ci-après et illustré *figure 11*.

L'angle entre deux tours voisines doit rester compris entre deux angles limites :

$A_0$  l'angle de déclenchement (angle à partir duquel la tour considérée se met en marche) et  $A_1$  l'angle d'arrêt (angle à partir duquel la tour considérée s'arrête).

Lorsque l'appareil est mis sous tension (temps  $t_0$ ), seule la dernière tour (n) démarre, jusqu'à ce que l'angle  $A_n$  séparant la tour (n) et la tour (n-1) atteigne la limite de déclenchement, ( $A_0$ ) la tour (n-1) se met alors en marche (temps  $t_1$ ). Comme cette dernière doit parcourir une distance moins importante que la tour (n) pour parcourir le même angle, il arrivera un moment où l'angle entre les tour (n) et (n-1) atteindra la limite d'arrêt ( $A_1$ ) (temps  $t_2$ ), il en est ainsi de proche en proche jusqu'à l'axe du pivot.

Rmq : L'angle maximum entre travées est toujours inférieur ou égal au tiers d'un degré.



Rmq : c'est la tour n qui commande les autres

$A_0$  : Angle de déclenchement

$A_1$  : Angle d'arrêt

$A_n$  : Angle séparant les travées (n) et (n-1)

Figure 11 : Principe de l'avancement d'un pivot

# Dimensionnement

## *Introduction*

L'irrigation par pivot doit être raisonnée suivant quatre critères :

- la dose journalière à apporter, qui permet de calculer le débit de l'installation ;
- la profondeur exploitée par les racines et la capacité de rétention du sol, qui fixent la dose par passage ;
- la capacité d'infiltration du sol qui influe sur l'intensité pluviométrique admissible ;
- le rythme des passages, qui tient compte des contraintes climatiques de la période.

La présente partie se termine par un exemple complet illustrant le calcul de dimensionnement d'une installation.

## *Calcul de la dose journalière de pointe*

Les caractéristiques hydrauliques d'un appareil doivent être calculées pour apporter une **dose moyenne journalière** définie par les contraintes culturales et pédoclimatiques locales, pour satisfaire les besoins de pointe.

- Besoin climatique au mois de pointe : il s'agit de la valeur de pointe de l'ETP Penman, qu'il convient de corriger avec le coefficient cultural  $K_c$ , pour obtenir l'ETR optimale de la culture considérée.
- Compensation des pertes éventuelles : pertes dues au vent ou à l'évaporation. Elles peuvent atteindre momentanément 20 % en zone ventée; une valeur moyenne de 10 % peut être retenue.
- Coefficient de sécurité : il permet de tenir compte des arrêts accidentels. Ce coefficient est laissé à l'appréciation des utilisateurs, en fonction de la valeur de la culture en place et du supplément d'investissement rendu nécessaire par le surdimensionnement de la machine (cf. chapitre sur le calcul du coût d'une installation).

**La nécessaire surestimation du besoin journalier (calcul à partir des besoins en période de pointe), peut servir de coefficient de sécurité.**

**Précisons ici que le meilleur coefficient de sécurité est encore une bonne maintenance des installations, plutôt qu'une "gestion de l'urgence" face aux pannes.**

	Exemple 1	Exemple 2	Exemple 3
ETP Max.	3.5 mm	4.5 mm	5.5 mm
Kc maximum (Maïs)=1.1	3.8 mm	4.9 mm	6.0 mm
Pertes Climatiques 10 %	0.4 mm	0.5 mm	0.7 mm
Coefficient de sécurité éventuel 10 %	0.5 mm	0.5 mm	0.7 mm
<b>Dose Journalière</b>	4.7 mm	6.0 mm	7.4 mm

Tableau 1 : **Exemples de calcul de doses journalières de pointe**

En règle générale, on ne prend pas en compte la réserve du sol, du fait de son influence limitée sur le débit de pointe de l'installation, donc sur le coût d'investissement.

Néanmoins, dans le cas particulier des sols à forte réserve (sols limono-argileux profonds par exemple), il convient de tenir compte de la contribution du sol au cours du mois de pointe (cf. chapitre pilotage de l'irrigation). Cette contribution permet de diminuer la dose journalière en période de pointe, donc les dimensions de l'installation.

### **Calcul du débit d'équipement de l'installation**

Pour une dose journalière maximum  $D_j$  (en mm/j) calculée en fonction des besoins de pointe, on calcule le débit horaire requis  $Q$  (en  $m^3/h$ ) pour satisfaire cette dose journalière, pour la parcelle considérée de rayon arrosé  $R$  (en m) portée du canon comprise. La valeur de  $R$  devra être précisée par le constructeur :

$$Q = \frac{\pi \times R^2 \times D_j}{24 \times 1000} \text{ dans le cas d'un fonctionnement en cercle complet.}$$

Les abaques donnés ci-après (*figure 12 et 12bis*), permettent d'approcher le débit nécessaire pour une dose journalière maximale et un rayon choisis.

Dans ce calcul, on ne prend pas en compte le fait que le canon puisse s'arrêter.

Dans le cas d'un appareil fonctionnant en secteur, si l'angle couvert est  $\Theta$ , on devra multiplier le débit  $Q$  par  $\Theta/360$ .

De même, si l'appareil doit faire un retour sans eau, il faudra en tenir compte dans le temps effectif d'arrosage.

### Exemple :

Pour un appareil de rayon  $R=450$  m, apportant une dose journalière maximale  $D_j=5$  mm/j. Le tableau 2 ci-dessous donne les débits nécessaires en fonction du fonctionnement choisi.

Configuration	Débit	Calcul
Appareil fonctionnant en cercle complet	132.5 m <sup>3</sup> /h	$Q = \frac{\pi \times 450^2 \times 5}{24 \times 1000}$
Appareil fonctionnant sur un secteur de 250°, avec retour en eau	92 m <sup>3</sup> /h	$Q = \frac{250}{360} \times \frac{\pi \times 450^2 \times 5}{24 \times 1000}$
Appareil fonctionnant sur un secteur de 250°, avec retour sans eau (durée 9 h tous les 3 j, soit 3 h par 24 h)	105 m <sup>3</sup> /h	$Q = \frac{250}{360} \times \frac{\pi \times 450^2 \times 5}{(24 - 3) \times 1000}$

Tableau 2 : Exemple de dimensionnement en fonction de la durée effective d'arrosage et du secteur parcouru

### Dose par passage

Le choix de la dose par passage, sera subordonné à la capacité de rétention du sol, plus précisément à la réserve facilement utilisable (RFU). Quelques exemples sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Sol	Profondeur	RU	RFU
Sol léger (sableux) [RU 0.5 mm/cm]	< 60 cm 60-90 cm	< 30 mm 30-45 mm	2/3 RU < 20 mm 1/2 RU : 15-23 mm
Sols moyens (sablo-limoneux, limono-argileux) [RU 1 mm/cm]	< 60 cm 60-90 cm > 90 cm	< 60 mm 60-90 mm > 90 mm	2/3 RU < 40 mm 1/2 RU : 30-45 mm 1/3 RU > 30 mm
Sols lourds (limono-argileux, argileux) [RU 1.5 mm/cm]	< 60 cm 60-90 cm > 90 cm	< 90 mm 90-120 mm > 120 mm	2/3 RU < 60 mm 1/2 RU : 45-60 mm 1/3 RU > 60 mm

Tableau 3 : Exemples de réserves en eau pour différents sols



Ces abaques prennent en considération le cas d'appareils fonctionnant en cercle complet.

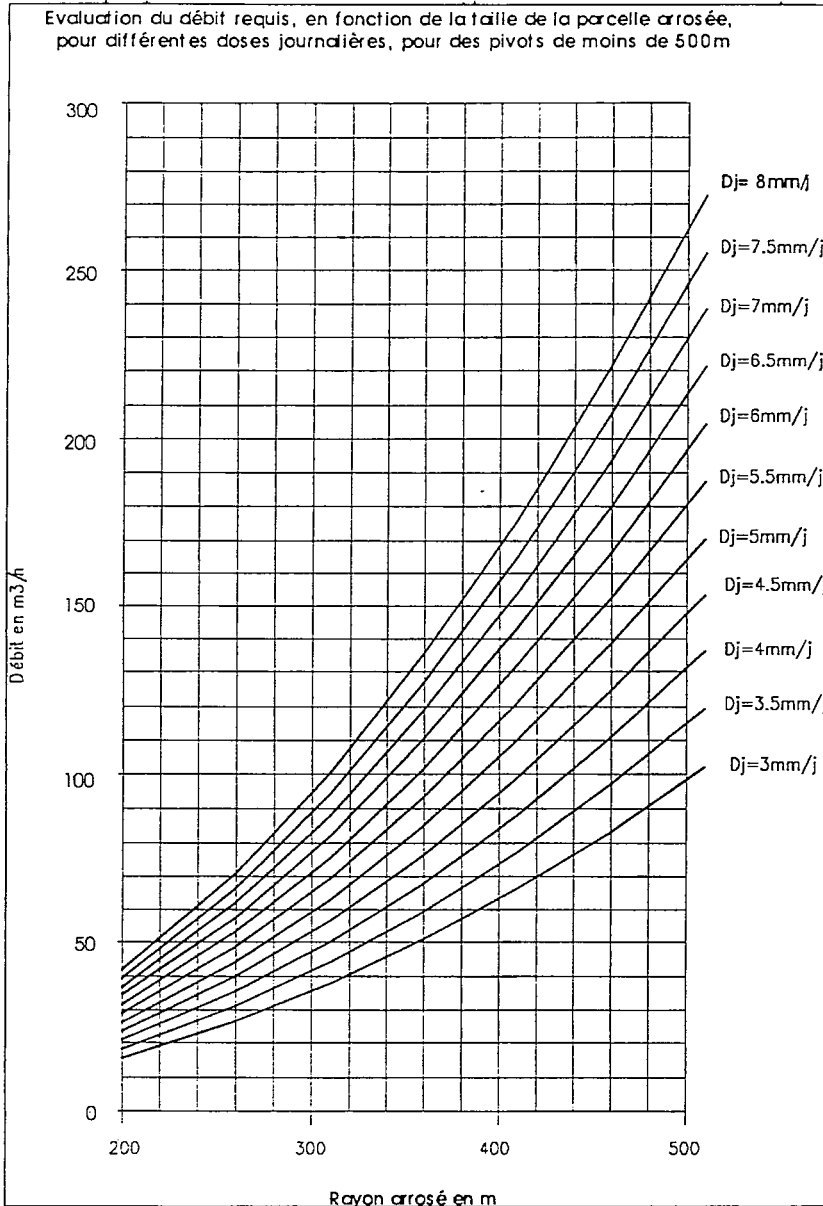


Figure 12 : Débit en fonction de la taille de la parcelle et de la dose choisie, pour des rayons de moins de 500 m

Ces abaques prennent en considération le cas d'appareils fonctionnant en cercle complet.

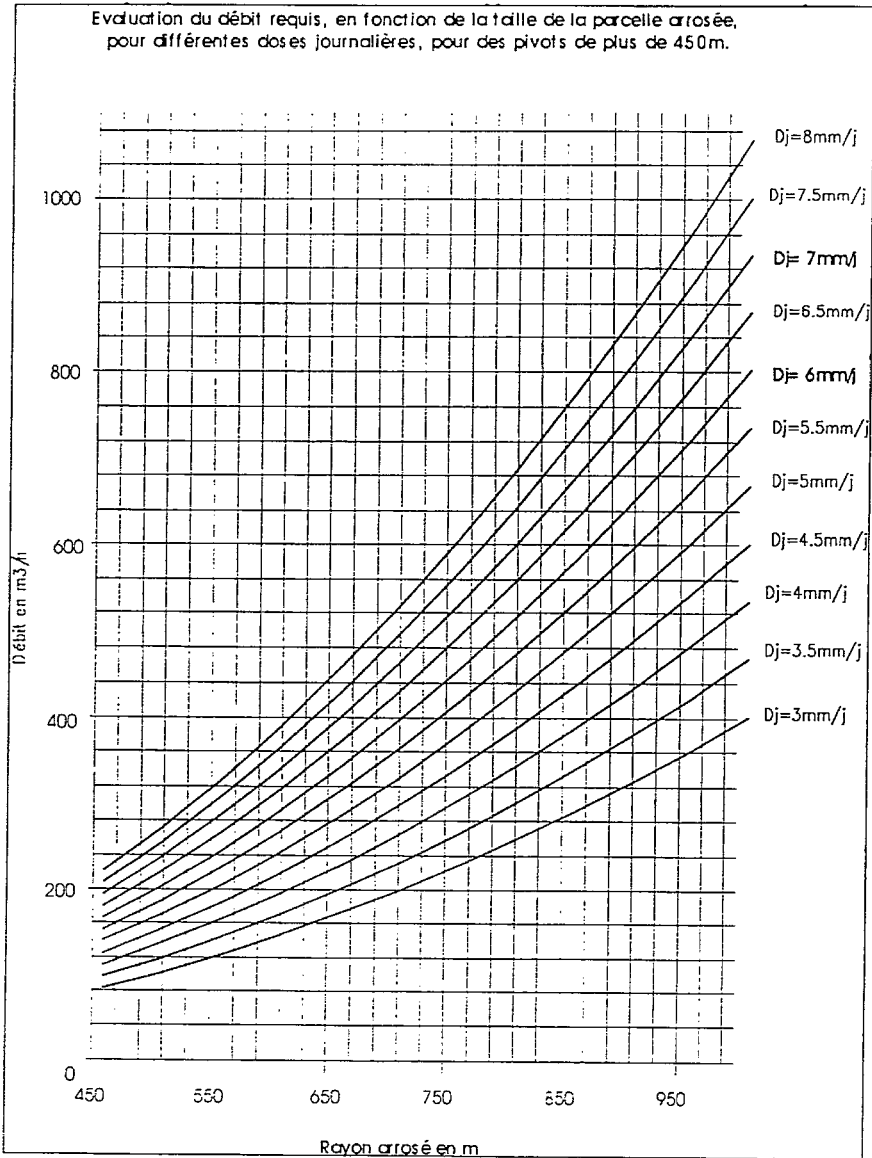


Figure 12bis : Débit en fonction de la taille de la parcelle et de la dose choisie, pour des rayons de plus de 450 m

## Réglage du tour d'eau

Le rythme des passages ou tour d'eau (T) est l'intervalle de temps qui sépare deux arrosages. On peut le définir comme étant le rapport de la dose admissible par passage sur la dose journalière nécessaire (Dj) :

$$T \leq \frac{RFU}{D_j}$$

On peut calculer le réglage de la machine ou avancement (Av) en % de la vitesse maximum, pour respecter le tour d'eau, qu'on s'est fixé :

$$Av(\%) = \frac{Tr}{T} \times 100$$

avec Tr : temps minimal mis par l'appareil pour effectuer une rotation complète à vitesse maximale de la dernière tour,

$$Tr = \frac{2 \times \Pi \times L}{V_m}$$

avec L distance entre le pivot et la dernière tour, et Vm vitesse maximale d'avancement de la dernière tour.

Dans le cas d'un appareil fonctionnant en secteur, T sera réduit pour tenir compte du retour sans eau.

Il en est de même pour un appareil ne pouvant pas fonctionner en continu, dans le cas du partage d'une ressource en eau, par exemple.

**Exemple** : Soit un pivot de R=450 m, dont la dernière tour est à L=400 m de l'élément central et capable d'avancer à Vm=150 m/h, apportant Dj=5 mm/j, sur un sol de RFU=32 mm.

La durée du tour d'eau est T = 6 j ( $T \leq \frac{32}{5}$ ), le temps de rotation à vitesse

maximum est  $Tr = \frac{2 \times \Pi \times 400}{150} = 16.7$  h, la vitesse d'avancement à respecter

est donc  $Av = \frac{16.7}{6 \times 24} \times 100 = 12$  %.

### **Remarque importante :**

**La définition d'une dose journalière de pointe n'implique pas que la dose à apporter à chaque tour d'eau, sera la dose déterminée à partir des besoins de pointe.**

**Le besoin maximal défini pour calculer l'installation n'est atteint que très rarement. L'apport systématique d'une dose maximale, exposerait à des risques de lessivage significatifs, générateurs de gaspillages et de pollutions.**

**Le tour d'eau doit être calculé aux différentes périodes de la campagne, en tenant compte de la dose  $D_j$  de chaque période, et non systématiquement à partir de la dose journalière de pointe.**

**Exemple :** dans le cas ci-dessus, le rythme du tour d'eau de 6 jours en période de pointe ( $D_j=5$  mm), pourra être inférieur en début de campagne :

si  $D_j=3$  mm, au cours de cette période on aura  $T=10 j$  ( $T \leq \frac{32}{3}$ ), ce qui conduit à faire fonctionner le pivot 6 jours sur 10 au cours de cette période.

### ***Contraintes pédologiques et choix des asperseurs***

- *Capacité d'infiltration*

Lors du passage de l'appareil, son extrémité se déplace avec la plus grande vitesse et apporte la dose choisie en un temps très court. Cela représente des pluviométries instantanées qui peuvent, pour des arroseurs de faible portée, ou des appareils de grande longueur, atteindre voire dépasser les 80 mm/h.

Il convient donc de connaître lors de l'implantation d'une rampe pivotante, les **capacités d'infiltration du sol**, ou sa perméabilité et la valeur de l'intensité maximale de pluviométrie, dont le calcul est précisé plus loin.

Type de sol	Infiltration en régime permanent, ou infiltration limite (cf. schémas 13 et 13 bis)
Sols légers (sables)	20 à plus de 50 mm/h
Sols moyens (sablo-limoneux sableux)	10-20 mm/h
Sols lourds (limono-argileux, argileux)	5-10 mm/h

**Tableau 4 : Exemples de vitesses d'infiltration pour différents types de sol, en régime permanent**

Tout excès d'intensité pluviométrique se traduira par l'apparition de flaques, et des risques de ruissellement et de battance, d'autant plus graves que la pente est forte, et que le sol est fragile.

Cet aspect est illustré par les schémas **13** et **13bis**.

A l'inverse, la présence d'un couvert végétal protège la structure du sol et peut diminuer les risques de ruissellement.

- *Le problème de la pluviométrie instantanée :*

La vitesse d'avancement de la dernière tour étant d'autant plus grande que le pivot est long, l'intensité de la pluviométrie sera élevée au niveau de cette dernière tour pour apporter la dose d'irrigation choisie.

L'intensité pluviométrique maximale  $I_{\max}$  en mm/h en bout de rampe peut être estimée par la formule suivante :

$$I_{\max} = 1.275 \times \frac{\Pi \times R \times Dj}{24 \times \rho}$$

où R est le rayon d'arrosage (en m), Dj la dose journalière (en mm/j),  $\rho$  la portée de l'asperseur terminal (en m).

Ce calcul s'entend pour un asperseur dont la **courbe pluviométrique** résultante au cours de son déplacement est de forme **elliptique** (d'où le coefficient de 1.275).

**Exemple** : Soit un pivot débitant  $Q=130 \text{ m}^3/\text{h}$ , pour satisfaire une  $Dj=5 \text{ mm}$  en période de pointe, dont le rayon d'arrosage est à  $R=450 \text{ m}$ , arrosant avec des sprinklers dont la portée est de  $\rho=15 \text{ m}$ , la valeur de  $I_{\max}$  est alors de :

$$I_{\max} \times 1.275 \times \frac{\Pi \times 450 \times 5}{24 \times 15} = 25 \text{ mm/h}$$

Le même appareil équipé avec des sprays dont la portée est  $\rho=3 \text{ m}$ , aura une intensité  $I_{\max}=125 \text{ mm/h}$ .

La valeur de  $I_{\max}$  donnée par ce calcul correspond à un maximum sur la durée du passage de la rampe, dans l'hypothèse d'une forme elliptique de la courbe d'aspersion comme illustré figures **13** et **13bis**. Elle ne prend pas en compte le fait que l'eau arrive de façon discontinue sous forme de jet(s).

Enfin, on peut aussi considérer le problème inverse : quelle portée d'asperseur choisir pour ne pas dépasser l'intensité maximum de pluviométrie admissible, la relation précédente donnera :

$$\rho = 1.275 \times \frac{\Pi \times R \times Dj}{24 \times I_{\max}}$$

- *Choix des asperseurs*

**Stabilité structurale du sol et choix des asperseurs** : outre l'aspect infiltration, il faut aussi considérer la taille des gouttes et donc l'énergie avec laquelle elles heurtent le sol.

En sol fragile, pour privilégier des gouttes de petites tailles, on serait conduit à choisir des arroseurs type spray, mais on a vu précédemment que l'intensité de l'arrosage qu'ils délivrent nous en empêche.

En sol bien structuré, seule la perméabilité sera prise en compte dans le choix.

La difficulté du choix réside dans le fait qu'il faut concilier faible perméabilité et fragilité de la structure. Les arroseurs à déflecteur tournant (Rotor) peuvent présenter un grand intérêt (jet divisé en 4 ou 6, portée 10-12 m).

En conclusion, la meilleure solution pour préserver les qualités physiques du sol et limiter les gaspillages reste la **limitation de la longueur des pivots**.

**Portée des asperseurs** : à débit apporté constant, plus la portée d'un asperseur sera faible, plus l'apport de la dose sera rapide, donc plus grande sera l'intensité pluviométrique lors du passage, comme illustré ci-après.

Sur des sols à faible perméabilité (sols lourds, sols battants), les arroseurs du type sprays, fonctionnant à basse pression avec des portées réduites sont à proscrire, au profit d'arroseurs type sprinklers ou buses à déflecteur tournant, dont la portée dépasse en règle générale 10 m.

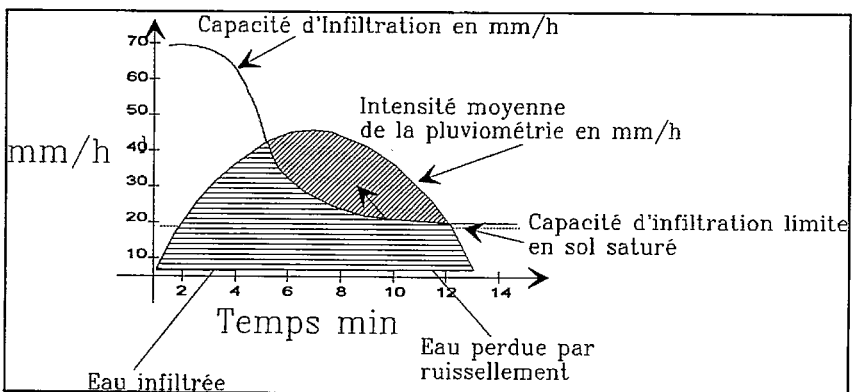


Figure 13 : Cas d'un asperseur de faible portée

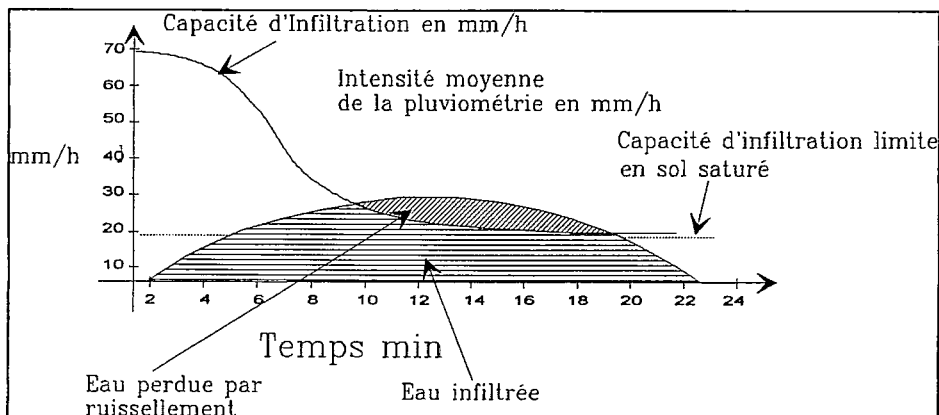


Figure 13bis : Cas d'un asperseur délivrant le même débit, avec une portée supérieure

Certains constructeurs proposent des dispositifs transversaux (tubes horizontaux, perpendiculaires à la canalisation supportant les asperseurs), ce qui permet d'élargir la bande arrosée donc la durée d'arrosage, donc de diminuer l'intensité d'arrosage. Attention, ce genre de dispositif alourdit considérablement l'appareil, et nécessite que le calcul de la structure en tienne compte.

- *L'installation d'un canon d'extrémité*

L'intérêt du canon d'extrémité est d'une part de permettre de rallonger le rayon d'arrosage du pivot, à moindre frais, de 15 à 20 m en règle générale, et d'autre part, en le commandant au moyen d'une électrovanne, d'arroser une partie des angles des parcelles non circulaires.

Le rayon d'arrosage d'un canon d'extrémité est élevé, mais la pluviométrie instantanée est très importante. Il est conseillé de limiter sa portée, sous peine de pertes importantes par ruissellement, de destruction de la structure et de forts risques de dérive.

L'utilisation d'un arroseur du type sprinkler à gros débit ou l'allongement de la rampe, est toujours préférable à un canon.

**La mise en route de l'arroseur terminal ne doit pas perturber le fonctionnement de la rampe par un débit trop fort.**

Le réglage de l'arroseur terminal est très important ; il faut respecter l'angle de balayage et l'orientation du secteur donnés par le constructeur ; le réglage doit tenir compte du recouvrement avec le dernier arroseur.

## **Contrôle de l'uniformité d'arrosage**

Il est vivement conseillé de contrôler la qualité de la répartition pluviométrique (uniformité), en particulier lorsque le busage vieillit et lorsque l'on envisage d'utiliser l'appareil pour effectuer des épandages de fertilisants ou de produits phytosanitaires par aspersion.

Ce contrôle est décrit dans l'annexe "Fiche de diagnostic d'un pivot ou d'une rampe frontale au champ", à la fin du présent chapitre.

## **Fonctionnement hydraulique**

Pour obtenir une pluviométrie uniforme le long de la rampe, le busage est calculé en tenant compte à la fois des pertes de charge dans la canalisation et de la croissance de la surface à arroser lorsque l'on s'éloigne du point de pivot.

- *Calcul des pertes de charge*

C'est une donnée essentielle dans le calcul de l'installation. Cela permet de calculer la pression requise en tête :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Pression requise} & & \text{Hauteur} & & \text{Perte de charge} & & \text{Pression} \\ \text{en tête} & = & \text{colonne} & + & \text{totale dans} & + & \text{résiduelle} \\ & & \text{montante} & & \text{le pivot} & & \text{au canon} \end{array}$$

La perte de charge  $i$  (m), sur un tronçon de canalisation de longueur  $L$  (m), de diamètre  $D$  (mm), dans laquelle transite un débit  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), et de rugosité interne  $Chw$ , est donnée par la formule d'Hazen et Williams :

$$i = 1.148 \times 10^{11} \times \left( \frac{Q}{Chw} \right)^{1.852} \times \left( \frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

Connaissant la pression requise, il sera possible de calculer les caractéristiques de la station de pompage.

### **Remarques :**

Le coefficient de rugosité ( $Chw$ ) doit tenir compte du vieillissement probable de la canalisation, pour la durée de vie du busage. Pour estimer le vieillissement d'une canalisation, il suffit de mesurer la variation de ( $i$ ) au cours du temps à débit connu.

**Exemple :** Si le coefficient de rugosité (Hazen-Williams) est de 135 pour un appareil neuf, que ce coefficient évolue vers 125 après 5 ans de fonctionnement, on retient une valeur moyenne de 130 pour le calcul du busage.

La perte de charge dépend du débit dans la canalisation, on cherchera à limiter ce débit de telle sorte que la vitesse de l'eau dans la canalisation ne



dépasse pas 3 m/s. Cette limitation permet aussi de retarder le vieillissement de la canalisation, en limitant l'abrasion.

En règle générale, un appareil de moins de 400 m aura une perte de charge globale inférieure à 1 bar.

- *Busage de l'appareil*

Le débit requis au niveau de chaque asperseur dépend uniquement de l'écartement choisi. Le choix des buses se fera en fonction du couple [pression disponible-débit requis].

Lors du calcul du busage, on dispose de plusieurs stratégies suivant que l'on a des asperseurs à buse unique ou non, que l'on désire réduire ou augmenter les écartements, que l'on dispose d'une haute ou basse pression en tête.

Ces choix sont bien souvent dictés par des contraintes locales, en particulier liées au sol et à sa stabilité. Il faut rester conscient du fait que l'uniformité d'arrosage est d'autant plus grande que les écartements sont réduits et que le nombre de jets par asperseur est grand, y compris lorsque l'on a du vent.

**Un busage est calculé pour une série de caractéristiques hydrauliques, toute modification d'une seule d'entre elles impose un nouveau calcul du busage. D'où la nécessité d'avoir en tête d'installation, une pression maintenue la plus constante possible.**

- *Respect des contraintes hydrauliques*

Il est essentiel de rester le plus près possible de la pression en tête choisie lors du calcul du busage.

Toute variation de débit en tête se traduira par une variation du débit des asperseurs, donc des gaspillages ou des manques d'eau. C'est ce qui peut se passer lors de la mise en route du canon d'extrémité, d'où la nécessité de ne pas utiliser de canon d'extrémité à trop fort débit par rapport au débit de l'installation, ou de réguler la pression en tête (cf. paragraphe suivant).

Pour des appareils dont la perte de charge est importante :

- un excès de débit en tête, donc de pression, va entraîner une augmentation de la perte de charge globale de la machine, aboutissant à un surdosage en tête et à un sous-dosage en extrémité ;
- à l'inverse une baisse de débit en tête, donc de pression, entraînera une baisse de la perte de charge globale et donc un sous-dosage en tête et un surdosage relatif à l'extrémité.

- *Le problème hydraulique de l'arroseur d'extrémité*

### **Pression nécessaire**

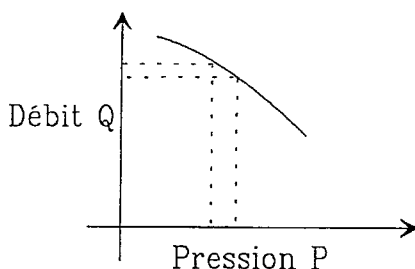
Les canons installés en bout de rampes nécessitent une pression minimale de fonctionnement de 2 bars. Or, cette pression ne peut pas toujours être disponible, notamment sur des rampes de plus de 500 m. Il est alors nécessaire d'utiliser un surpresseur alimenté électriquement, pour augmenter la pression.

Les arroseurs à gros débit sont aussi capables de fonctionner avec une pression faible (2 bars au minimum) évitant l'utilisation d'un surpresseur.

### **Fonctionnement intermittent**

On a vu précédemment que l'addition d'un canon d'extrémité pouvait permettre de faciliter l'arrosage des angles, dans ce cas, son fonctionnement ne sera pas continu.

Le fonctionnement intermittent du canon d'extrémité présente l'inconvénient de faire varier les conditions hydrauliques du système. Pour limiter ces perturbations, on utilisera des pompes dont la courbe caractéristique  $[Q=f(P)]$  est telle que toute variation du débit entraîne une faible variation de la pression et ne modifie pas trop les caractéristiques de fonctionnement des asperseurs.



*Figure 14 : Exemple de courbe de pompe*

Dans le cas d'un appareil sur réseau collectif, il est vivement conseillé de monter un régulateur de pression en tête d'installation.

Pour éviter de trop grandes variations des conditions hydrauliques de l'appareil, on limitera le débit du canon en fonction du débit de la rampe.

## **Maintenance, surveillance des pivots**

Les pivots nécessitent peu d'interventions en cours de campagne par rapport aux différents systèmes mobiles, mais l'investissement qu'ils représentent impose une surveillance rigoureuse.

### **Remise en route**

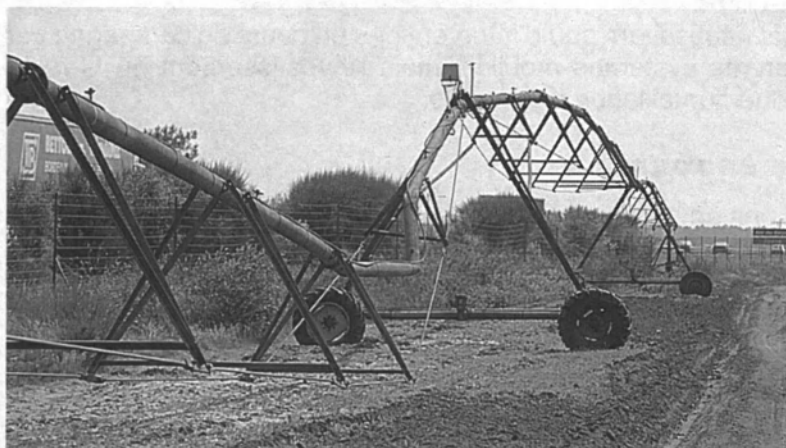
Vérifications en début de campagne :

- effectuer un tour de "rodage" en début de campagne : faire fonctionner l'appareil à vide et vérifier les alignements ;
- examiner les armoires électriques (présence d'humidité, corrosion, dégâts de rongeurs) ;
- tester les sécurités, les interrupteurs, et autres inverseurs destinés à arrêter ou renvoyer une rampe en fin de rotation ;
- remettre en place et vérifier le calage des butées de fin de parcelle ;
- nettoyer la conduite en ouvrant son extrémité, si l'eau reste sale il est possible qu'une des pompes ait sa crépine détériorée ;
- vérifier la station de pompage, l'étanchéité des conduites, le fonctionnement des asperseurs, ou la pression à la borne ;
- vérifier et changer fréquemment les manomètres ;
- faire établir périodiquement un diagnostic (électrique, mécanique, hydraulique) des installations **par un professionnel** assurant une garantie avant mise en route ;
- surveiller la corrosion et l'état d'usure de la canalisation (*figure 15*).

### **Surveillance en cours de saison**

- observer les obstructions ou casses d'asperseurs, les fuites ;
- détecter les bruits suspects sur les moteurs et les réducteurs ;
- observer les désalignements ;
- refaire les niveaux des réducteurs une fois dans la campagne, et purger l'eau qui a pu s'accumuler à cause de la condensation.

Si l'appareil est équipé pour réaliser l'injection d'engrais en cours d'arrosage, il est nécessaire de démonter toute la ligne d'injection qui reste sur la rampe, pour la nettoyer changer tous les joints et la vérifier minutieusement : clapets, tuyauterie, vannes, injecteur, asservissement...



*Figure 15 : Affaissement d'un appareil suite à la corrosion et à l'érosion de la canalisation*

Après toute injection, il faudra rincer abondamment l'ensemble de l'installation (injection comme arrosage).

### **Hivernage**

Règles de maintenance à respecter :

- vidanger l'installation (eau) ;
- graisser la colonne montante, les filetages de tendeurs ;
- vidanger les motoréducteurs suivant les spécifications du fournisseur, en général tous les deux ans ou toutes les 2 000 h ;
- vérifier et graisser les transmissions à cardan ;
- vérifier et graisser les écrous de roues ;
- surgonfler les pneus à 3.5 bars, pour éviter pliures et cassures ;
- graisser les pièces externes des armoires électriques et des coffrets d'alignement ;
- vérifier les connexions de l'armoire électrique et les coffrets d'alignement, vaporiser un anti-humidité, vérifier les presse-étoupes des câbles.

En liaison avec le constructeur, et après un diagnostic, on peut évaluer le risque de panne de l'appareil en fonction de son état et de ses conditions de

fonctionnement : nombre de rotations annuelles, qualité de l'eau, épaisseurs résiduelles des conduites, distance parcourue par la dernière tour, accessibilité en cas de panne...

## **Approche du coût d'installation d'un pivot**

On distinguera :

- le coût de l'infrastructure ;
- le coût de la machine qui, ramené à l'hectare, décroît en fonction de la surface arrosée.

### ***Coût de l'infrastructure***

- Ligne électrique, transformateur, câblages dont le montant est très variable en fonction des distances à parcourir.
- Station de pompage (pompage en rivière, sur lac, retenue, bêche de reprise...), branchement à un réseau.
- Forages et adduction : plus les forages sont éloignés, plus l'adduction est coûteuse.

### ***Coût de la machine ramené à l'hectare***

Celui-ci se calcule en fonction de la surface effectivement arrosée. Il décroît en fonction de cette même surface, et dépend aussi de la dose journalière choisie.

#### **Exemple :**

Coût par hectare d'un pivot, hors infrastructure, pour différentes longueurs et différentes doses journalières (en F 1994). Pour un appareil fonctionnant en cercle complet, sans surpresseur.

Dose journalière mm/j	300 m	400 m	500 m	600 m
4 mm/j	5713 F/ha	4114 F/ha	4363 F/ha*	3162 F/ha
6.5 mm/j	5713 F/ha	5327 F/ha	4530 F/ha	5312 F/ha*

\* Augmentation du coût due à un changement de diamètre de conduite

Tableau 5 : **Exemples de coûts à l'hectare irrigué, pour différents pivots de longueur croissante hors infrastructure**

## **Exemples de coût d'une installation pour trois doses journalières**

Description de l'installation :

- pivot fonctionnant en cercle complet sur terrain plat, d'un rayon de 455.9 m ;
- surface arrosée de 65.3 ha ;
- dose journalières choisies 4 mm/j, 6 mm/j, 7 mm/j ;
- pression au bout du porte-à-faux : 2 bars (A) ;
- canalisation d'amenée en PVC de 1000 m de longueur.

	Débit en m <sup>3</sup> /h	Diamètre du tube en mm	Pertes de charge bars (B)	Hauteur colonne montante bars (C)	Diamètre PVC en mm	Perte de charge PVC bars (D)	Hauteur aspiration bars (E)	Pression à la station (bar)
4 mm/j	109	141	1.2 bar	0.5	160	1.5	0.3	5.5
6 mm/j	164	168	1 bar	0.5	200	1.1	0.3	4.9
7 mm/j	190	168	1.2 bar	0.5	200	1.4	0.3	5.4

**Tableau 6 : Caractéristiques et pertes de charge des installations citées en exemple ci-dessus**

La pression nécessaire à la station de pompage sera (A+B+C+D+E), comme illustré *figure 16*, avec :

- A : pression résiduelle en bout d'appareil ;
- B : pertes des charge dans le pivot ;
- C : hauteur entre niveau du sol et canalisation du pivot;
- D : pertes de charge dans la canalisation d'amenée et différence de dénivellé ;
- E : hauteur d'aspiration à partir de la bêche de reprise, et pertes de charge.

L'alimentation électrique est assurée par un câble enterré de 1000 m, section requise 15 mm<sup>2</sup> en cuivre (ou 26 mm<sup>2</sup> en aluminium), section disponible sur le marché 16 mm<sup>2</sup>.

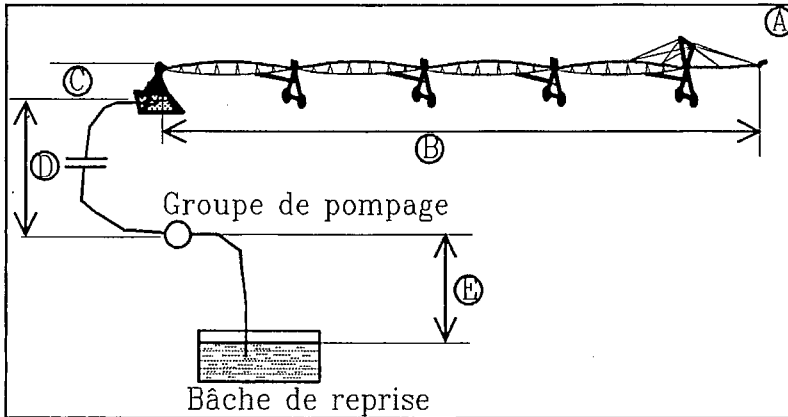


Figure 16 : Schéma de principe d'une installation complète

Dose	4 mm/j	6 mm/j	7 mm/j
Élément central	20 370	20 370	20 370
7 travées de 61.77 m	282 781	301 847	301 847
Porte-à-faux 24 m	8 441	8 441	8 441
Busage	10 591	10 591	10 591
Sous total Coût du pivot	322 183	341 249	341 249
soit coût par hectare F/ha	4 935	5 225	5 225 F/ha
Câble électrique 1000 m, 16 mm <sup>2</sup>	40 200	40 200	40 200
Canalisation PVC (8 bars)	65 792	86 081	86 081
Tranchée pose canalisation et câble	23 700	23 700	23 700
Pompe et armoire	31 618	36 522	41 069
Sous total infrastructure	161 310	186 508	191 050
Prix total indicatif	483 493	527 552	546 361
Coût à l'hectare arrosé	7 403	8 078	8 366

Tableau 7 : Coût indicatif des installations (en F 94)

Les coûts d'installation varient en fonction de la surface couverte (secteur), de l'éloignement et du type de la ressource, de l'alimentation électrique.

L'optimum économique d'une installation avec pivot est atteint pour un rayon de 400 à 500 m, en prenant en compte à la fois l'investissement et la maintenance.

### **Sources**

Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n°35, 1980, La mécanisation de l'irrigation par aspersion.

Documents techniques des marques (Otech, Valley, Lindsey...).

Normes AFNOR U51-515 et 511 (1991).



## **Les rampes frontales**

<b>Description technique</b>	<b>41</b>
<b>Alimentation en eau</b>	<b>42</b>
<b>Alimentation en énergie</b>	<b>42</b>
<b>Mode de guidage</b>	<b>43</b>
<b>Pluviométrie des rampes frontales</b>	<b>44</b>
<b>Développements possibles</b>	<b>44</b>
<b>Les pivots-rampes</b>	<b>44</b>

## **Les pivots déplaçables**

<b>Descriptif technique</b>	<b>47</b>
<b>Déplacement à sec entre deux positions</b>	<b>48</b>
<b>Alimentation en eau et en électricité</b>	<b>49</b>
<b>Calcul du débit d'équipement</b>	<b>50</b>



---

# Les rampes frontales

---

## Description technique

Les rampes frontales (*figure 17*) se déplacent en translation tout en arrosant. Elles sont guidées par une tour motrice qui fournit ou reçoit l'énergie. Ces appareils sont en général conçus pour arroser des parcelles rectangulaires, de faible largeur, et de grande longueur.



*Figure 17 : Vue de la tour motrice et directrice d'une rampe frontale*

La tour motrice est constituée d'une structure analogue à une tour classique dont les montants et la triangulation sont renforcés, pour résister aux efforts demandés. Elle est située soit à l'extrémité, soit au milieu de la rampe.

La tour motrice est équipée de deux ou quatre roues, suivant la longueur de la rampe et le poids à transporter, elle est en général lestée pour offrir une inertie suffisante et augmenter l'adhérence.

L'avancement et l'alignement se font par corrections angulaires successives. La vitesse est imposée par l'une ou l'autre des extrémités. Le dispositif de guidage est situé, soit sur une extrémité, soit au milieu de la machine. Le réglage de l'alignement demande un grand soin, d'autant plus grand que la rampe est longue.

Les vitesses maximales de déplacement s'échelonnent entre 1.5 m/mn et 6 m/mn (moyenne 2.5 m/mn) comme sur les pivots, et laissent une très grande latitude dans le choix de la dose par passage.

Les rampes frontales sont en général limitées à une longueur de 400 m, avec des travées plus courtes que celles des pivots. Au delà de 400 m les risques de désalignement, et les efforts sur les structures deviennent trop importants et limitent la fiabilité de l'installation.

## **Alimentation en eau**

### **Par tuyau tracté**

Un tuyau flexible est branché sur des bouches réparties dans la parcelle, et alimentées par une station de pompage. La longueur du flexible est limitée par son poids, donc son diamètre et sa longueur. En général cette longueur est limitée à 200 m (soit des positions de 400 m).

Le tuyau est déplacé manuellement pour passer d'une position à l'autre.

On trouve deux types de tuyaux flexibles :

- souples (type pompier), maniables mais nécessitant une pression d'au moins 4 bars, pour éviter qu'ils se plient ;
- polyéthylène, moins maniable, plus épais, plus solide, moins cher, moins adhérent, sa rigidité impose une boucle de 2.5 m de rayon au moins.

### **Par un canal**

Le pompage est direct au moyen d'une pompe placée sur la tour motrice. On trouve plusieurs systèmes de canaux avec des écluses, creusés dans le sol, bétonnés ou non.

Ce mode d'amenée d'eau est limité aux terrains plats.

L'entretien de ces canaux pose souvent des problèmes (stabilité des berges, enherbement) et doit rentrer en ligne de compte pour le calcul du coût de l'installation.

## **Alimentation en énergie**

L'électricité arrive par un câble traîné sur le sol par la tour motrice, ou est produite au niveau de la tour motrice par un groupe électrogène. Dans le cas de rampes à déplacement hydraulique (huile), un moteur thermique maintient la pression dans les circuits.

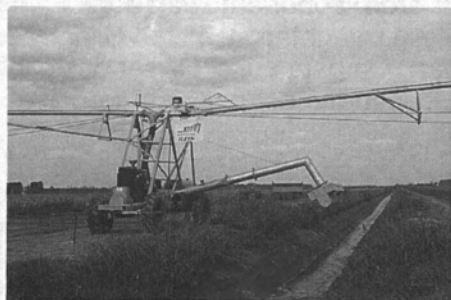


Figure 18 : Modes d'alimentation des rampes frontales

Les câbles traînés doivent avoir un blindage suffisant pour résister à l'écrasement. Ils peuvent être disposés à l'intérieur du tuyau d'amenée.

## Mode de guidage

Le guidage de la tour de contrôle, en général la tour motrice, peut se faire de plusieurs manières :

- par un **câble aérien** tendu au dessus du sol et fixé sur des piquets, suivi par des palpeurs, à l'avant et à l'arrière de la tour motrice (*figure 18*) ;
- par des **piquets**, disposés à intervalles réguliers (5 m) en bordure de parcelle et suivis par des palpeurs.  
Ces deux systèmes sont fiables, mais laissent des obstacles en travers de la parcelle ;
- par un **câble enterré** parcouru par un courant de haute fréquence, repéré et suivi grâce à un système de détecteurs. Ce système est très séduisant car il supprime tout obstacle, mais il est le plus coûteux ;
- par un **sillon tracé dans le sol** suivi par un sabot. C'est le plus simple, il limite les obstacles, mais le sillon est très souvent fragile (*figure 17*).
- par **guidage sur le canal** : ce qui impose d'avoir un canal bétonné (*figure 18*).

## **Pluviométrie des rampes frontales**

La rampe frontale arrose avec une uniformité élevée (coefficient d'uniformité de Christiansen supérieur à 90), et offre une multitude de possibilités de réglage de la dose et de l'intensité de la pluviométrie.

Les asperseurs utilisés sont les mêmes que sur le pivot avec les mêmes contraintes et les mêmes intérêts. L'extrémité de l'appareil peut être équipée d'un canon. On peut utiliser des "pendillards" apportant l'eau au sol (intérêt en cultures basses), évitant de mouiller la végétation et travaillant à des pressions très faibles (inférieures à 1 bar). On peut aussi utiliser des cannes de descente allant dans la végétation, chose qui est plus facile qu'avec un pivot qui ne suit pas les lignes de semis.

On gagne, en règle générale, 30 % de pertes de charges par rapport à un pivot, du fait que la répartition du débit est uniforme sur l'ensemble de la rampe. Si l'on souhaite rester dans une gamme de prix raisonnable par rapport au pivot, il faut conserver une longueur de parcelle suffisante, donc consentir des intensités de pluviométrie assez élevées.

Lors du calcul du débit de l'installation, il faut ajouter le temps nécessaire aux manipulations du tuyau et du câble électrique, ainsi que le temps nécessaire pour effectuer le retour à sec.

## **Développements possibles**

La présence d'une structure mobile capable de couvrir l'ensemble de la parcelle, peut permettre de concevoir des systèmes complets de travail. On peut imaginer la possibilité de réaliser l'ensemble des interventions au moyen de la rampe : semis, traitements, récolte et, bien sûr, arrosage.

## **Les pivots-rampes**

### ***Descriptif technique***

Il s'agit d'appareils "**hybrides**" entre le pivot et la rampe frontale, capables de se déplacer en eau en rotation comme en translation.

La complexité de ces appareils explique leur faible développement.

La tour motrice est équipée de deux ou quatre roues, pouvant être directionnelles, le reste de la rampe est identique à ce que l'on trouve sur un pivot, avec des travées un peu plus courtes (limitation des efforts sur les structures).

L'appareil fonctionnant à la fois en rampe frontale et pivotante, comporte un double busage. Des électrovannes, à la base de chaque arroseur, permettent de passer d'un système à l'autre automatiquement. Les contraintes pour chacun des deux busages sont les mêmes que pour des systèmes simples.

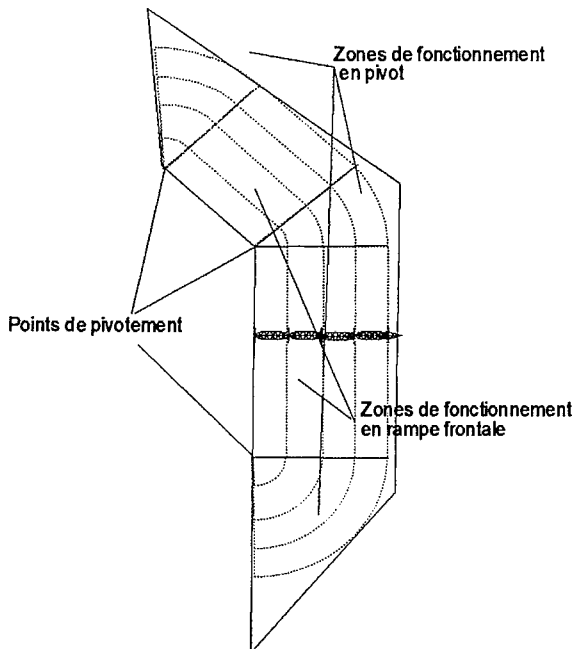
### **Déplacement**

La tour motrice pilote l'ensemble de l'installation, à partir d'un guidage tel que ceux décrits précédemment. De tels appareils permettent d'arroser des parcelles en forme de bandes plus ou moins rectilignes, comme illustré ci-dessous.

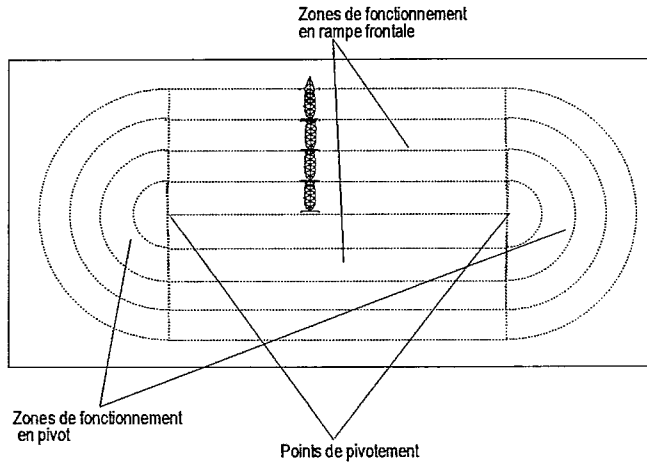
Le mouvement de l'appareil doit se faire dans les deux sens, sa complexité impose de nombreux automatismes.

On est amené à limiter la longueur de ces rampes à 6 à 7 travées, pour les mêmes raisons que pour les rampes frontales.

Une intervention manuelle est parfois (suivant les systèmes) nécessaire au moment du passage d'une fonction à l'autre.



**Figure 19 : Exemple d'implantation et de surface arrosée par un pivot-rampe**



*Figure 20 : Autre exemple de déplacement d'un pivot-rampe*

### **Alimentation en eau et en électricité**

L'alimentation en électricité se fait grâce à un câble tracté, qu'il faudra éventuellement déplacer d'une position à l'autre, sauf dans le cas d'une rampe avec groupe embarqué.

L'alimentation en eau se fait par un tuyau que la rampe tire ou par pompage dans un canal, les contraintes sont les mêmes que pour la rampe frontale.

Le calcul du débit d'équipement impose la prise en compte des temps éventuels de retour.



---

# Les pivots déplaçables

---

Il s'agit d'appareils **capables d'être déplacés ou de se déplacer à sec** d'une position d'arrosage à l'autre ou d'une parcelle à l'autre. Lorsqu'ils arrosent ils fonctionnent comme un pivot.

Ces appareils permettent une conduite de l'arrosage comme avec un enrouleur.



*Figure 21 : Pivot déplaçable*

Ils présentent les avantages du pivot (automaticité, uniformité), tout en pouvant opérer sur plusieurs parcelles différentes. Cela peut permettre :

- de **diminuer ou d'échelonner des investissements** ;
- de faire face aux problèmes de la jachère ;
- de résoudre des problèmes d'assolement.

## Descriptif technique

Les structures des travées et des tours sont identiques à celles du pivot, seuls diffèrent l'élément central et éventuellement les roues des tours qui peuvent être débrayables et orientables. L'élément central est constitué comme une tour classique renforcée, avec deux roues capables de s'orienter perpendiculairement à la rampe, lorsque celle-ci arrose, et parallèlement pour assurer les déplacements au moyen d'un moteur. Le passage des roues d'une position à l'autre se fait en soulevant la tour.

En fonctionnement, toutes les précisions relatives au pivot sont applicables ici.

## Déplacement à sec entre deux positions

Le déplacement se fait (cf. schémas ci-après) :

- **soit transversalement** (déplacement comme un rampe frontale), automatiquement (en suivant un câble) ou manuellement (pilotage du déplacement). Cela permet de couvrir au mieux des parcelles de forme quelconque.

Le déplacement impose une alimentation électrique par câble.

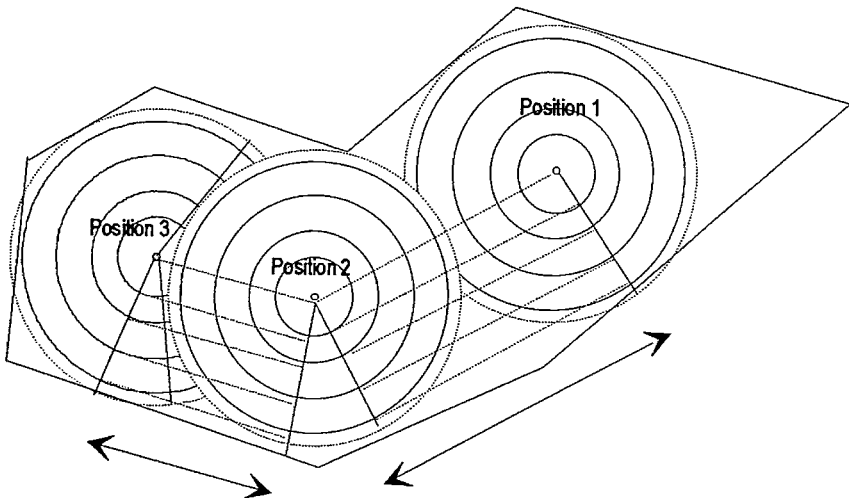
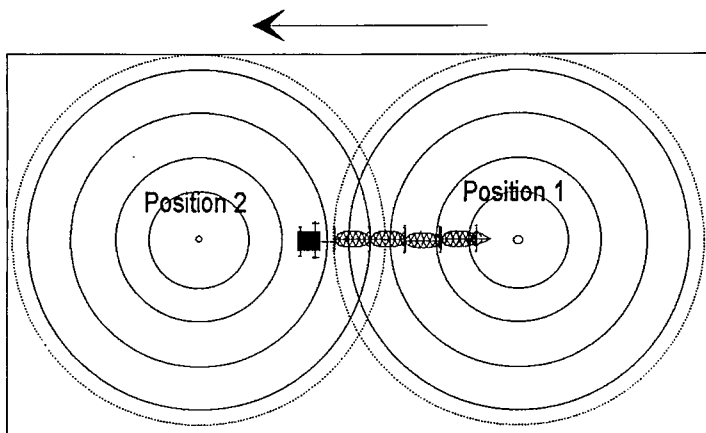


Figure 22 : Pivot déplaçable transversalement



*Figure 23 : Pivot déplaçable longitudinalement*

Durée de l'opération 1h30 à 2h pour une personne, cela dépendant de la distance entre positions. Ce déplacement peut être automatisé.

- **soit longitudinalement** attelé derrière un tracteur. Dans ce dernier cas plusieurs systèmes existent, chaque tour est soulevée, les réducteurs sont alors débrayés, les roues des tours sont orientées parallèlement à la rampe, pour permettre la traction. Généralement l'élément central est monté sur des patins pour permettre le mouvement. Cela impose un déplacement rectiligne d'une position à l'autre, et la disposition de câbles de tension entre les tours et l'élément central, pour éviter les déformations de la structure.

Pour réaliser le déplacement commodément, il faut disposer d'une allée de 6 m environ. La durée de l'opération est d'au moins 2 h pour deux personnes.

Il faut ajouter à ce temps la durée d'un demi tour de l'appareil pour l'amener en position de déplacement. En effet, on ne peut déplacer ces appareils qu'en les tirant à partir de l'élément central.

Ces appareils sont capables d'arroser en cercle ou en secteur, leur taille dépasse rarement cinq travées, les déplacements sont soit annuels, soit aussi fréquents que les tours d'eau.

## **Alimentation en eau et en électricité**

### ***Cas des pivots déplaçables transversalement***

L'eau est amenée par des canalisations souterraines au niveau des bouches disposées aux différentes positions d'arrosage de l'appareil. La bouche est généralement noyée dans une dalle en béton.

En déplacement entre deux positions l'électricité est fournie par un câble, dédié à cet usage unique, et traîné au sol. Chaque bouche est équipée d'une prise électrique. L'appareil peut aussi être alimenté par un groupe électrogène ou un groupe hydraulique embarqué.

L'utilisation d'un groupe hydraulique ou d'un groupe électrogène est particulièrement intéressante dans les situations où l'alimentation électrique est déficiente (fluctuations de tension) ou simplement difficile (éloignement des lignes).

### ***Cas d'un pivot déplaçable longitudinalement***

L'appareil étant tiré par un tracteur, il suffit d'avoir à disposition eau et électricité à chaque position.

## **Calcul du débit d'équipement**

Comme cela a été évoqué plus haut, lors du calcul du débit d'équipement il faut tenir compte du temps perdu lors des manœuvres d'une position à l'autre, sauf dans la cas d'un déplacement annuel.

# **Les techniques d'épandage par aspersion**

<b>Principe de fonctionnement d'une pompe d'injection</b>	<b>54</b>
<b>Description d'une installation de dosage</b>	<b>57</b>
<b>Mise en œuvre de l'épandage par aspersion</b>	<b>64</b>



---

# Les techniques d'épandage par aspersion

---

Cette technique est très prometteuse car elle permet de maîtriser les intrants, donc de baisser les coûts, et de réduire les impacts de l'activité agricole sur l'environnement.

En cours de saison d'arrosage il est indispensable d'intervenir sur la culture, pour y épandre divers produits. Pour réaliser ces apports, on peut utiliser le pivot ou la rampe d'arrosage qui présente l'avantage de ne pas risquer d'abîmer la culture, de la couvrir entièrement en un temps relativement bref et avec une uniformité au moins équivalente à celle de la majorité des engins d'épandage à usage agricole (enjambeurs, pulvérisateurs, hélicoptères, ULM).

La technique consiste à apporter de l'engrais, ou des produits phytosanitaires en utilisant l'eau d'arrosage comme "véhicule". Le supplément d'investissement demandé pour une installation d'injection, reste dans des proportions acceptables, d'autant plus que la surface est grande, et/ou que l'installation est transportable d'un appareil à l'autre.

Des résultats intéressants ont déjà été obtenus avec ce type de technique, en particulier en épandage de fertilisants, du fait des possibilités d'apport au moment des besoins, permettant une limitation des risques de lessivage, contrairement à ce qu'il se passe lors d'apports massifs aux stades précoces de la culture, à une période où l'efficacité de l'azote reste réduite.

S'agissant des traitements phytosanitaires, tous les produits ne sont pas utilisables, et tous les parasites ne peuvent être combattus par ces techniques. On sait que cela marche très bien sur la pyrale et la sésamie du maïs, en désherbage de prélevée, ou sur le Mildiou de la pomme de terre...

Il faut savoir que certains produits ont tendance à se dégrader en solution, que certaines huiles améliorent considérablement les efficacités, tous ces renseignements doivent être demandés aux techniciens des firmes phytosanitaires, seuls capables de répondre à ces questions au vu des résultats expérimentaux.

**Les dispositions réglementaires régissant spécifiquement ce mode d'application sont en cours de rédaction.** On peut tout de même préciser un certain nombre de précautions à prendre, et de dispositifs à installer, pour mettre en œuvre la technique dans de bonnes conditions de sécurité, tant pour l'environnement que pour les individus en attendant la parution de ces textes.

## Principe de fonctionnement d'une pompe d'injection

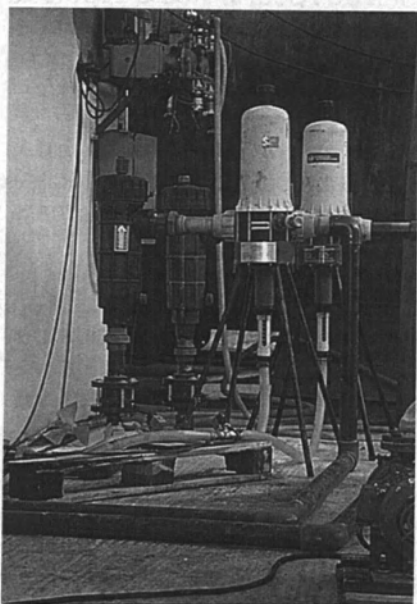
En premier lieu, il faut préciser que seules les pompes doseuses sont utilisables dans ce genre de pratiques, à l'exclusion de tous les appareils du type dilueurs ou injecteurs non proportionnels. Il existe deux grandes familles de pompes doseuses.

### *Les pompes doseuses hydrauliques*

Ces pompes tirent leur énergie de fonctionnement de la pression présente dans le réseau d'adduction d'eau, elles injectent proportionnellement au débit principal, ce sont des pompes volumétriques proportionnelles.

On règle un **rapport d'injection** : c'est-à-dire un débit d'injection par rapport au débit moteur. Ce rapport maximum varie suivant les pompes entre 2 et 10 %. Il reste stable tant que le débit et la pression restent stables.

On distingue deux types de montage, soit en direct, soit en by-pass partiel (*figure 24*). Ce dernier est le mieux adapté pour les rampes d'arrosage, du fait de l'importance des débits d'irrigation, il permet en effet de ne dériver qu'une partie du débit.



*Figure 24 : Exemple d'installation de dosage hydraulique, placée à la station de pompage pouvant alimenter plusieurs pivots*



Il faut ajouter que :

- il peut exister un débit de fuite ;
- les risques de surpression sont nuls ;
- ces appareils ne nécessitent pas de canne d'injection, puisque le mélange eau-produit se fait dans le doseur.

La précision d'injection est au moins de 5 % du débit injecté, sachant que plus on recherche des débits faibles moins bonne est la précision.

Paramètres à connaître :

- plage de pression dans le réseau d'irrigation, et admissible par le doseur ;
- débit moteur (ou by-passé) nécessaire pour avoir un fonctionnement correct ;
- plage de rapports d'injection que le doseur peut fournir.

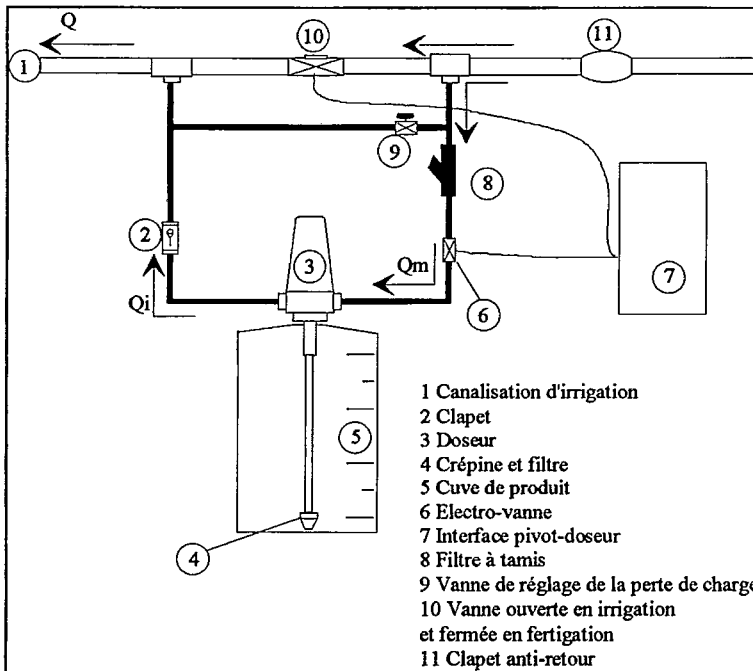


Figure 25 : Schéma de principe de l'installation d'un doseur hydraulique, monté en by-pass partiel

## **Attention**

Les doseurs hydrauliques ne sont utilisables que pour l'injection de fertilisants, pour lesquels leur précision de dosage est suffisante. Il n'est pas question d'utiliser ces pompes pour l'injection de produits de traitements dans une rampe pivotante ou frontale, sauf si les conditions hydrauliques de fonctionnement sont absolument stables, soit : pas de canon à fonctionnement intermittent, pas d'appareil sur réseau collectif, station de pompage non partagée, sol plat.

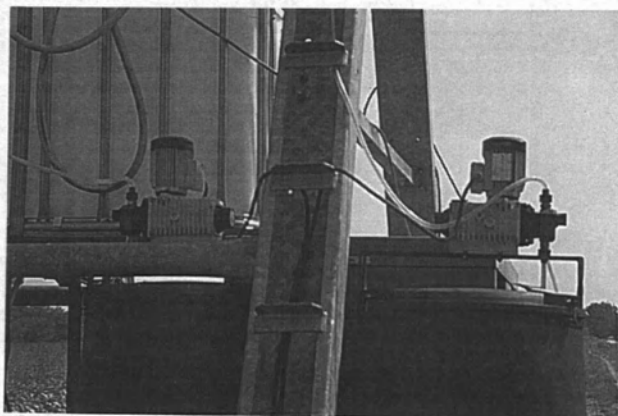
## **Les pompes doseuses électriques**

Equipées d'un moteur électrique, elles assurent un débit d'injection constant, elles sont en général d'une bonne précision. On distingue plusieurs catégories de systèmes :

**Pompes alternatives** : à piston direct (le piston est en contact direct avec le produit à injecter) ; à piston-membrane direct ou membrane mécanique (le piston est en contact direct avec la membrane) ; à piston membrane indirect ou membrane hydraulique (une chambre remplie d'huile est intercalée entre le piston et la (les) membrane(s)).

Ces pompes sont les plus précises de la catégorie : 1 % environ du débit injecté dans la plage de 10 à 100 % du débit maximum.

Seules les pompes à membrane sont utilisables en fertigation, car il n'y a pas de risque de fuite au niveau du piston. Les pompes à piston membrane direct sont limitées quant à la pression d'injection, ce qui n'est pas le cas des pompes à piston membrane indirect.



*Figure 26 : Pompes doseuses électriques embarquées sur un rampe frontale, avec leur réservoir de produit*

**Pompes rotatives** : au lieu d'actionner un piston, le moteur actionne un rotor qui accélère la vitesse du fluide à injecter. A notre connaissance, elles ne sont pas utilisées en fertigation.

**Paramètres à connaître :**

- contre-pression dans le réseau, que la pompe doseuse devra vaincre pour injecter ;
- plage de débit d'injection, en fonction des différents réglages.

Le pilotage de la pompe d'injection, ou son simple asservissement au fonctionnement de la rampe, peuvent être opérés au moyen d'une interface mise en place par l'installateur.

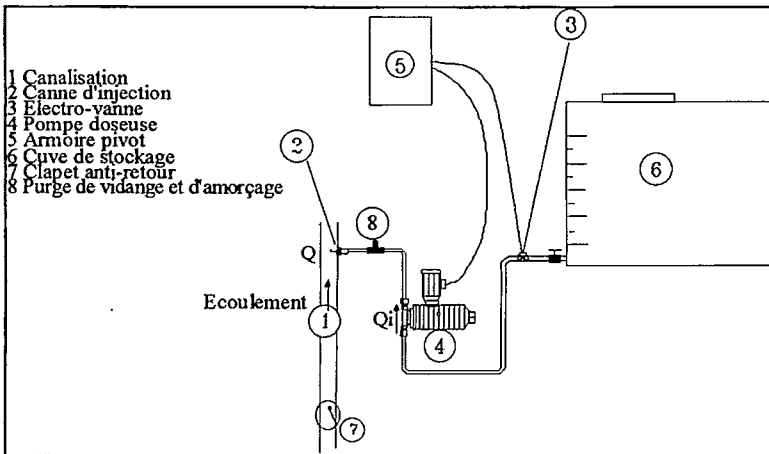


Figure 27 : Schéma de principe pour une installation de dosage électrique

## Description d'une installation de dosage

### *Installation d'une pompe hydraulique (figure 24)*

Nous insisterons ici sur les éléments indispensables en terme de sécurité. Il existe de nombreux équipements "optionnels", qui peuvent ajouter beaucoup au confort de l'installation, sans trop la compliquer, nous n'en citerons que quelques-uns.

Le montage peut se faire :

- soit en **direct** (l'ensemble de l'eau d'irrigation passe dans le doseur), ce système est difficilement utilisable sur les pivots ;
- soit en **by-pass partiel** (une partie seulement de l'eau d'irrigation est dérivée, cf. figure 24). L'installation en by-pass comprend un dispositif créant une perte de charge sur la canalisation d'irrigation, nécessaire au fonctionnement du doseur.

#### • *Sécurité*

On cherche à se prémunir contre les divers risques liés à une défaillance d'un élément :

- **arrêt de la pompe d'injection**, l'irrigation continuant, risque de retour de l'eau d'irrigation vers le bac de produit à épandre et de provoquer son débordement ;
- **arrêt de la pompe d'irrigation et de la pompe d'injection**, risque de retour vers la ressource du mélange eau-produit, et de siphonnage du produit injecté, à partir de la cuve de stockage ;
- **arrêt de la rampe sans arrêt des pompes** : risque de surdosage local eau-produit.

Les différents dispositifs précisés ci-après, permettent d'assurer la sécurité de l'installation.

#### • *Matériaux utilisés*

Un grand nombre de produits à usage agricole contiennent des adjuvants très agressifs, capables de dégrader très rapidement les éléments de la pompe.

Pour chaque type de pompe il existe une **liste positive des matériaux utilisables**, en fonction de la nature chimique des produits injectés.

#### • *Asservissements*

L'arrêt de la pompe d'irrigation, donc de la fourniture d'énergie (débit moteur) entraîne automatiquement l'arrêt de l'injection.

En cas d'arrêt de l'avancement de la rampe, une électrovanne (NF) sur la ligne d'aspiration (6) fermée au repos, devra couper l'aspiration du produit.

Son ouverture est commandée par la mise en route de l'appareil.

- *Clapet anti-retour sur canalisation d'irrigation (11)*

Celui-ci a pour but de protéger la ressource, ou l'alimentation, de tout retour de mélange eau-produit suite à un arrêt de l'installation.

Dans le cas où l'installation est munie d'une bêche de reprise ou d'un disconnecteur, le clapet n'est pas utile.

- *Filtre (8)*

Il est indispensable sur l'alimentation en eau du doseur, afin de protéger les différents clapets. Il doit être **démontable et accessible**. Le choix de la taille de la maille sera fixé par le constructeur en fonction de la taille des clapets de la pompe.

- *Clapet anti-retour sur ligne de refoulement (2)*

Une canne d'injection n'est pas nécessaire, puisque le mélange se fait dans la pompe elle-même, dans une chambre d'homogénéisation. Par contre, un **clapet taré** est disposé en sortie de pompe, pour éviter tout retour du mélange injecté vers le doseur et la cuve de produit.

- *Ligne d'aspiration*

Une pompe hydraulique ne doit pas être placée au-dessous du niveau haut de la solution à injecter, pour éviter les risques de siphonnage.

L'adjonction d'un filtre est indispensable en plus de la crépine (4), pour protéger les clapets. Une surélévation de 5 cm du point d'aspiration par rapport au fond, permet de piéger une bonne part des impuretés dans la cuve.

La ligne d'aspiration aura un diamètre important et la longueur la plus réduite possible. Si la longueur est trop importante, l'auto-amorçage de la pompe devient impossible, une **cheminée d'équilibrage** est alors nécessaire.

- *Soupape casse-vide*

Souvent intégrée au doseur, elle permet une entrée d'air en cas de dépression dans la canalisation d'irrigation.

- *Dispositifs optionnels*

Ils sont intéressants pour prolonger la vie de la pompe ou fiabiliser l'installation, mais non obligatoires.

– **Cuve de produit (5)**

On prévoira un volume suffisant pour permettre au moins 12 heures (une nuit) de fonctionnement sans interruption, avec une agitation par intermittence pour éviter la formation de mousses.

– **Dérivation sur canalisation du doseur**

La mise en place d'une canalisation de dérivation, équipée d'une vanne (9), parallèlement à celle du doseur, permet de ne pas toucher au réglage (10) de la perte de charge sur la canalisation d'irrigation. Equipée d'une électrovanne ou d'une vanne manuelle (9), le basculement de la position injection à la position irrigation peut être automatique.

– **Régulateur de pression**

Il peut s'avérer indispensable si la pression a tendance à varier même dans de faibles proportions, puisque cela provoquera une variation du rapport d'injection.

***Installation d'une pompe électrique (figure 25)***

Elle comprend des éléments de base nécessaires à la sécurité (cf. figure 25). Les accessoires sont présentés un peu plus loin (cf. figure 26).

• ***Sécurité***

On cherche à se prémunir contre les divers risques liés à une défaillance d'un élément :

- **Arrêt de la pompe d'injection, l'irrigation continuant**, risque de retour d'eau vers le bac de produit à épandre et de débordement.
- **Arrêt de la pompe d'irrigation et de la pompe d'injection**, risque de retour vers la ressource du mélange eau-produit, et de siphonnage du produit injecté, à partir de la cuve de stockage.
- **Arrêt de la pompe d'irrigation la pompe d'injection fonctionnant toujours** : risque d'injection vers la ressource.
- **Arrêt de la rampe sans arrêt des pompes** : risque de surdosage local eau-produit.

L'installation décrite ci-après permet de se prémunir contre ces divers risques.

• ***Matériaux utilisés***

Un grand nombre de produits à usage agricole contiennent des adjuvants très agressifs, capables de dégrader très rapidement les éléments de la pompe. Pour chaque type de pompe il existe une **liste positive des matériaux utilisables** en fonction de la nature chimique des produits injectés.

• ***Asservissements (5)***

Il est impératif que lors d'un arrêt de la pompe d'irrigation, ou de l'avancement

de la rampe d'arrosage, la pompe d'injection s'arrête. Un détecteur de non débit placé sur la canalisation principale, assure cette fonction.

Une électrovanne (NF) asservie au fonctionnement du pivot, fermée au repos est commandée par la mise en route du pivot. Elle est intercalée entre la cuve et la pompe doseuse, le plus près possible de la cuve.

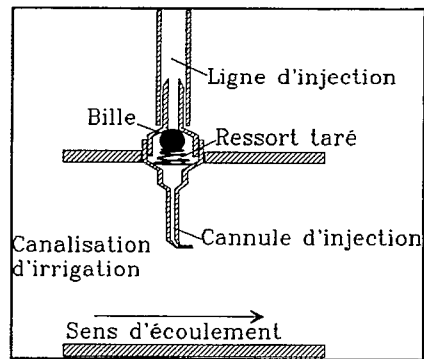
- *Clapet anti-retour sur canalisation d'irrigation (7)*

Celui-ci a pour but de protéger la ressource ou l'alimentation en eau, de tout retour de mélange eau-produit suite à un arrêt de l'installation.

**La meilleure protection consiste à équiper l'installation d'une bêche de reprise, le clapet n'est alors plus utile.**

- *Point d'injection (2)*

Il est constitué d'une canne d'injection, précédée d'un clapet taré, maintenu fermé par la pression dans la canalisation d'irrigation. Cela sous entend que la pompe d'injection devra fournir une pression capable de compenser la pression du pivot plus celle du ressort du clapet.



*Figure 28 : Schéma d'un point d'injection avec clapet anti-retour*

- *Ligne d'aspiration*

Si la pompe est en charge, une légère surélévation du point d'aspiration est nécessaire pour éviter les risques de colmatage.

Si la pompe travaille en aspiration, un clapet de pied au niveau de la crépine d'aspiration limitera les risques de désamorçage. La crépine sera placée à au moins 5 cm du fond de la cuve.

La ligne d'aspiration aura un diamètre important et la longueur la plus réduite possible pour éviter tout risque de cavitation. En cas d'impossibilité on ajoutera une cheminée d'équilibrage (cf. figure 27 (10)). Il s'agit d'une colonne tampon placée en dérivation de l'aspiration. Elle doit être à même d'encadrer les niveaux extrêmes de la cuve et placée le plus près possible de celle-ci. On évitera les cols de cygne ou points hauts, pour ne pas piéger d'air.

- *Ligne de refoulement*

Dans le cas d'une pompe à piston, où le débit est pulsé (débit de pointe = 3.14 fois le débit d'injection), les phénomènes de coup de bélier peuvent provoquer l'éclatement de la conduite. Pour l'éviter, on veillera à limiter la longueur de la ligne d'injection et à maintenir un diamètre suffisant.

Dans le cas où il n'est pas possible de raccourcir la ligne d'injection, on adjoindra un **ballon amortisseur** ou capacité anti-pulsatoire (cf. figure 27 (8)) en sortie et le plus près possible de la pompe. Il permet en plus de piéger les bulles d'air présentes dans les canalisations.

On placera une purge (cf. figure 27 (8)) nécessaire pour faciliter l'amorçage de la pompe, lorsque de l'air se trouve piégé dans la canalisation.

- *Soupape casse-vide (7)*

Dans le cas d'une mise en dépression de la canalisation d'irrigation, elle permet une entrée d'air évitant un siphonnage de produit à travers la pompe vers la ressource. La présence d'une bêche de reprise ou d'un disconnecteur dispense de cette soupape.

- *Dispositifs optionnels (figure 6)*

Comme évoqué plus haut un certain nombre d'accessoires peuvent apporter confort d'utilisation et protection du matériel.

- **Détecteur de non-débit**

Disposé en amont du point d'injection (13), il arrêtera l'injection et l'irrigation en cas de désamorçage, obstruction, rupture d'une canalisation.

- **Filtre**

Son installation permet de protéger les pièces de la pompe en contact avec les produits, et les clapets contre le colmatage. Il est indispensable sur une installation en charge, ou dans le cas d'une cuve avec agitateur (11).

Les filtres doivent être facilement démontables, et accessibles. La taille de la maille doit être précisée par l'installateur **en fonction de la taille des clapets**.

- **Cuve de stockage de produit (6)**

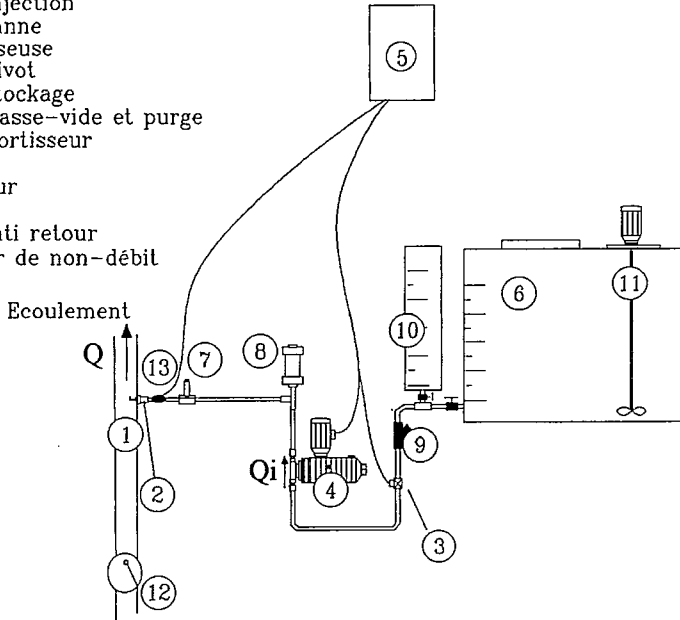
On prévoira un volume suffisant pour permettre au moins 12 heures (une nuit) de fonctionnement sans interruption, avec une agitation par intermittence pour éviter la formation de mousses et les dépôts.

- **Pot-doseur (10)**

Il permet de vérifier le débit d'injection.



- 1 Canalisation
- 2 Canne d'injection
- 3 Electro-vanne
- 4 Pompe doseuse
- 5 Armoire pivot
- 6 Cuve de stockage
- 7 Soupape casse-vide et purge
- 8 Ballon amortisseur
- 9 Filtre
- 10 Pot doseur
- 11 Agitateur
- 12 Clapet anti retour
- 13 Detecteur de non-débit



*Figure 29 : Schéma d'une installation de dosage électrique, avec équipements "optionnels"*

Il s'agit d'un simple récipient placé en dérivation de la ligne d'aspiration, rempli à partir de la cuve, dont on peut chronométrer la vitesse de vidange, pour en déduire le débit d'injection.

Il permet de vérifier et de corriger périodiquement le fonctionnement de l'installation en particulier lorsque le niveau baisse. Il peut aussi servir de cheminée d'équilibrage.

#### **– Cuve à niveau constant**

Dans le cas de produits visqueux, de tuyauteries longues ou de fortes variations de température en cours de traitement, le débit injecté peut varier. Dans ce cas, on peut installer une cuve tampon dont le niveau est maintenu constant par la cuve de produit.

### **Conclusions**

Il faut se rapprocher le plus possible d'une **injection proportionnelle au temps**, telle que l'assurent les pompes électriques. Pour les pompes

hydrauliques il faudra, pour ce faire, stabiliser la pression dans le réseau d'irrigation.

L'utilisation d'une bêche de reprise ou d'une cuve reste la meilleure dysconnection entre ressource et mélange épandu.

Enfin, il faut rappeler qu'il est interdit d'épandre un quelconque produit chimique (produit phytosanitaire, effluent, engrais) sur un fossé en eau.

## **Mise en œuvre de l'épandage par aspersion**

### ***Documents techniques et notices***

Toute pompe doseuse **devra être installée par un professionnel agréé par le constructeur** ; elle sera accompagnée d'un mode d'emploi et de documents techniques en français :

- **La plaque descriptive** : indiquant la marque, le nom du constructeur, le type et le modèle de la pompe, la plage de débit d'injection, cette plaque est solidaire de la pompe.
- **La notice technique** : décrivant les éléments, schéma de principe, dimensions, poids, caractéristiques du moteur, alimentation électrique, schéma de câblage, protections en place (électriques et hydrauliques : clapets...), précision d'injection, pression de service, et pour un doseur hydraulique, pression et débit minimum de fonctionnement.
- **Le mode d'emploi** : fournissant les conseils d'utilisation, démarrage, amorçage, rinçage, les produits chimiques tolérés.
- **Les réglages** :
  - pompes électriques : courbe de débit en fonction du réglage de course, de la contre-pression du réseau d'irrigation, moyens de vérification en cours d'opération ;
  - pompes hydrauliques : courbe d'évolution du débit injecté ou du rapport de dilution en fonction du débit moteur, de la pression, de la dilution choisie, et moyens de vérification.

Les documents fournis devront aussi inclure les spécifications en terme de maintenance :

- **Les entretiens** nécessaires et la fréquence des **révisions**, la durée de vie des différents éléments, les précautions lors du stockage,
- **Les pièces garanties**, durée de garantie.

## ***Préparation de la solution mère***

Celle-ci devra se faire avec le plus grand soin aussi bien dans le calcul des quantités et des dosages que dans la préparation :

- respecter l'ordre d'incorporation spécifié par le fournisseur. Si le problème se pose peu avec les engrais, avec les produits de traitement certaines chronologies dans les mélanges peuvent entraîner la formation de gel, voire la prise en masse du mélange ;
- respecter les règles de compatibilité spécifiées par les fournisseurs en matière de mélanges de produits ;
- attention aux risques de précipitation des engrais phosphatés en présence d'eau calcaire, ou peu acide.

En règle générale, sauf spécification contraire du fournisseur, on apportera les 3/4 environ de l'eau nécessaire et le produit en maintenant l'ensemble en agitation. L'agitateur devra rester en immersion pour éviter la formation de mousses ou les éclaboussures. Ensuite, il suffira d'ajuster le mélange par addition d'eau.

## ***Détermination de l'apport de produit***

Ce calcul prend en compte la surface horaire couverte par le pivot, indépendamment de son débit.

- *Détermination de la surface horaire arrosée (Sh)*

### **Cas d'un pivot**

Il faut connaître :

- la vitesse moyenne de déplacement de la dernière tour : V en m/h , telle que  $V = A_v \times V_m$ , où  $A_v$  est l'affichage porté sur le doseur cyclique en % et  $V_m$  la vitesse maximum d'avancement d'une tour ;
- la distance entre le pivot et la dernière roue : L ;
- la longueur totale arrosée ou rayon irrigué par l'appareil : R.

Soit  $St$  la surface totale arrosée :  $St = R^2 \times \Pi \times 10^{-4}$  en ha.

Soit  $Tr$  le temps de rotation à la vitesse V :  $Tr = \frac{2 \times \Pi \times L}{V}$  en h.

La surface horaire arrosée est donc :  $Sh = \frac{St}{Tr}$  en ha/h.

### Cas d'une rampe frontale

De même que pour le pivot, on calcule une surface horaire arrosée à partir de la vitesse moyenne de déplacement  $V_m$  en m/h, pour une distance arrosée  $L_t$  (longueur de la parcelle), et une largeur parcelle (longueur arrosée par la rampe)  $l$ , avec :  $St = (L_t \times l)^2$  et  $Tr = \frac{L_t}{V_m}$ .

#### • Calcul du débit d'injection

Si la quantité de produit pur à apporter à l'hectare est  $P_p$  en l/ha, le débit horaire en produit pur ( $P_h$ ) est donc :  $P_h = P_p \times Sh$  en l/h.

### Cas d'une pompe électrique

Le débit de la pompe doseuse étant  $q$  en l/h (débit nominal de la pompe, celui pour lequel la précision est la meilleure), le rapport de dilution de la solution mère  $R_d$  devra être de :

$$R_d = \frac{P_h}{q}.$$

On veillera à choisir  $q$  proche d'un débit moyen pour conserver une bonne précision.

### Cas d'une pompe hydraulique

On calcule un rapport d'injection à partir de  $Q_m$  : débit moteur en l/h passant dans le doseur, et  $P_h$  le débit à injecter par heure. On calcule le rapport d'injection  $R_i$  à partir duquel on va régler le doseur :  $R_i = \frac{P_h}{Q_m}$ .

#### Exemple :

Soit un pivot caractérisé par :

- un rayon irrigué de  $R = 480$  m,
- distance de la dernière roue  $L = 440$  m,
- vitesse d'avancement  $V = 112.5$  m/h (avancement réglé à 75 %).

La surface horaire arrosée est :

$$Sh = \pi \times 480^2 \times 10^{-4} \frac{112.5}{2 \times \pi \times 440} = 2.94 \text{ ha/h.}$$

Si la quantité de produit pur à apporter est  $P_p=50$  l/ha, la quantité de produit à apporter par la pompe est  $P_h = 50 \times 2.94 = 147$  l/h.

Si la **pompe doseuse est électrique**, et que son débit nominal est de 300 l/h, le rapport de dilution de la solution mère devra être de  $Rd = \frac{147}{300} = 0.5$ , soit dans un volume de solution mère, on doit avoir 0.5 volumes de produit pur.

Si la **pompe doseuse est hydraulique**, que la débit moteur dérivé est  $Q_m = 8000$  l/h, le rapport d'injection sera  $Ri = \frac{147}{8000} \times 100 = 1.8 \%$ , si le produit est pur ; si le rapport de dilution est  $Rd=0.5$ , le rapport d'injection devra être  $Ri = \frac{0.5 \times 147}{8000} \times 100 = 3.6 \%$ .

### ***Entretien de l'installation d'irrigation***

Avant d'injecter un produit, il est nécessaire d'avoir une irrigation parfaitement homogène, qui en plus de l'assurance d'un rendement régulier permettra d'assurer une répartition uniforme du produit épandu.

L'entretien d'une rampe d'arrosage utilisée en fertigation sera aussi rigoureux que celui d'un pulvérisateur.

Cela impose un certain nombre de précautions et d'entretiens :

- vérification du busage : on sait qu'un busage a une durée de vie de l'ordre de 3 à 5 ans suivant la nature de l'eau utilisée. Etant donné le coût relativement réduit de son renouvellement, il est préférable de le changer régulièrement, pour réaliser une irrigation de qualité. Cela implique le changement des buses, et pas forcément celui des asperseurs. Néanmoins, c'est là une bonne occasion de les réviser ;
- débit et pression de fonctionnement doivent rester constants, en particulier lorsque l'on utilise des doseurs hydrauliques. Dans le cas d'un canon d'extrémité à fonctionnement intermittent, il faudra absolument équiper l'installation d'un régulateur de pression ;
- après chaque utilisation, la pompe devra être rincée soigneusement, les clapets et le filtre démontés et nettoyés.

## **Sources**

Groupe d'étude des nouvelles techniques d'irrigation Ministère de l'Agriculture, Cemagref; "Projet de guide pour le choix, l'achat et l'utilisation d'appareils pour l'injection d'engrais et de produits de traitement", 1981.

ARDEPI, "L'eau fertile, L'irrigation fertilisante en goutte-à-goutte et micro-aspersion", 1993.

USDA University of NEBRASKA, "Anti-pollution Protection when Applying Chemicals with Irrigation Systems", 1989.

NEBRASKA Department of Environmental Control, "Rules and Regulations Pertaining to Chemigation", 1989.

### **Documents techniques :**

- DOSAPRO MILTON ROY, "La maîtrise des fluides, Doser et mélanger des fluides".

- DOSATRON INTERNATIONAL, Irrigation fertilisante et traitements, "Guide pratiques des doseurs proportionnels DOSATRON International".

# **Le diagnostic du fonctionnement d'un pivot au champ**







## Diagnostic du fonctionnement d'un pivot au champ (1994)

Date ..... Nom de l'enquêteur .....

Nom de l'agriculteur : .....

Adresse complète : ..... téléphone : .....

### Caractéristiques des parcelles irriguées

Cultures	surface irriguée (ha)		Volume d'eau apporté ha/an en moyenne (m3)	Débit d'équipement souhaitable		
	Total	Par matériel testé		m3/h/ha	Pour la surface irriguée totale (m3/h)	Pour l'installation considérée (m3/h)
Mais	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Soja	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Total</b>	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Ressources en eau	volume disponible (m3)	Débit disponible (m3/h)	Observations (m3/h)
Retenue Collinaire <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....
Rivière <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....
Forage <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....
Puits <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....
Borne d'irrigation <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....

Sol	Type de sol	Profondeur d'enracinement	Perméabilité estimée (mm/h)	Réserve facilement utilisable estimée (mm)
Sol à faible réserve <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....	.....
Sol à réserve moyenne <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....	.....
Sol profond à bonnes réserves <input type="checkbox"/>	.....	.....	.....	.....

Vent	Observations
● rare <input type="checkbox"/>	Direction dominante :  Force ou vitesse :
● gênant <input type="checkbox"/>	
● gênant souvent <input type="checkbox"/>	
● empêche d'irriguer de temps en temps <input type="checkbox"/>	
● empêche d'irriguer souvent <input type="checkbox"/>	

## Le matériel

<p>● <b>Le pivot</b></p> <p>Marque : .....</p> <p>Type : .....</p> <p>Référence constructeur : .....</p> <p>Année de fabrication : .....</p> <p>Fixe <input type="checkbox"/> Déplaçable <input type="checkbox"/></p> <p>Rayon arrosé : .....m</p> <p>Angle arrosé : .....degrés</p> <p>Nombre de travées : .....</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Evolution du pivot</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">dans la parcelle arrosée</td> </tr> <tr> <td style="height: 100px;"></td> <td style="height: 100px;"></td> </tr> </table>	Evolution du pivot	dans la parcelle arrosée		
Evolution du pivot	dans la parcelle arrosée				

Travée	1 à	à	à	à	à	à	Porte à faux	Total
Longueur (m)								
Diam conduite (mm)								néant
Nbre asperseurs								
Ecart asperseurs (m)								néant

<p>● <b>Les asperseurs</b></p> <p>Marque : .....</p> <p>Type : .....</p> <p>Mono buse <input type="checkbox"/> à deux buses <input type="checkbox"/></p> <p>Régulateurs de pression : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> <p>● <b>Pompe (ou Borne)</b></p> <p>Marque : .....</p> <p>Débit : .....m<sup>3</sup>/h</p>	<p>● <b>Le canon d'extrémité</b></p> <p>Marque : .....</p> <p>Type : .....</p> <p>Buse : .....</p> <p>Surpresseur : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> <p>Electrique <input type="checkbox"/> Diesel <input type="checkbox"/></p> <p>Pression : .....bars</p> <p>Puissance du moteur : .....ch ou .....kw</p>
--	--

## Pratique de l'irrigation

Interview de l'Agriculteur	Annoncé par l'irrigant	Ne sait pas
• Dose Moyenne apportée par rotation (en mm) .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Durée d'une rotation (en heure) .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Réglage cyclique correspondant (en %) .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Temps d'arrêt minimum entre 2 rotations au mois de pointe (en h)	.....	<input type="checkbox"/>
• Débit en tête du pivot (en m <sup>3</sup> /h) .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Pression en tête du pivot (en bar) .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Pression au canon d'extrémité (en bar) .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Possédez-vous le listing de busage du pivot ? .....	.....	<input type="checkbox"/>
• Avez-vous vérifié le busage réel du pivot ? .....	.....	<input type="checkbox"/>

Etes-vous satisfait de la qualité de répartition de l'eau sous le pivot ? OUI  NON  NE SAIT PAS

Pourquoi ? .....

## Contrôle du pivot

### ♦ Répartition pluviométrique

1.-Mesurer la pluviométrie au moyen de pluviomètres disposés tous les 5m. le long d'un ou, de préférence, de deux rayons (voir notice)

Si le terrain est pentu, tracer le profil le long du rayon de mesure :



### Valeurs de pluviométrie mesurées

n°	distance r (m)	volume ml	pluviométrie		n°	distance r (m)	volume ml	pluviométrie		n°	distance r (m)	volume ml	pluviométrie	
			mesurée p (mm)	pondérée p x r				mesurée p (mm)	pondérée p x r				mesurée p (mm)	pondérée p x r
1					46					91				
2					47					92				
3					48					93				
4					49					94				
5					50					95				
6					51					96				
7					52					97				
8					53					98				
9					54					99				
10					55					100				
11					56					101				
12					57					102				
13					58					103				
14					59					104				
15					60					105				
16					61					106				
17					62					107				
18					63					108				
19					64					109				
20					65					110				
21					66					111				
22					67					112				
23					68					113				
24					69					114				
25					70					115				
26					71					116				
27					72					117				
28					73					118				
29					74					119				
30					75					120				
31					76					121				
32					77					122				
33					78					123				
34					79					124				
35					80					125				
36					81					126				
37					82					127				
38					83					128				
39					84					129				
40					85					130				
41					86					131				
42					87					132				
43					88					133				
44					89					134				
45					90					135				
											Σr =		Σpr =	

2.-Tracer la courbe pluviométrique du pivot sur le diagramme dont l'échelle des abscisses tient compte du "poids" des surfaces arrosées que représente chaque pluviomètre

3.-Calculer la dose moyenne apportée : 
$$D = \frac{\sum p.r}{\sum r}$$

**Contrôle du pivot (suite)**

4.-Déterminer l'uniformité d'arrosage en appréciant sur le diagramme pluviométrique, le pourcentage de surface sur-arrosée ou sous-arrosée, ou en calculant le coefficient d'uniformité Cu

Surface	normalement arrosée	sur/sous arrosée	Rayon mouillé Observé : Théorique :	CU = ..... %
ha				
% de la surface totale				

*Vérifier le busage des asperseurs concernés par les zones mal arrosées*

**• Vitesse d'avancement**

Vitesse maximale théorique du pivot : ..... m/mm  
 Réglage du doseur cyclique : .....% (préciser la finesse de réglage)  
 Soit une vitesse moyenne théorique de : ..... m/mm  
 Mesurer la vitesse moyenne réelle :

	Mesure 1	Mesure 2	Moyenne
Temps pour 10 séquences d'avancement t (mn)			
Longueur correspondante parcourue par la tour d'extrémité l (m)			
Vitesse moyenne V (m/mn)			

Trajet total parcouru par la tour d'extrémité au cours d'une rotation : L = ..... m

Durée moyenne d'une rotation :

T = ..... heures

**• Débit en tête du pivot**

L'estimer au compteur ou le mesurer au débitmètre

Q = .....m³/h

**• Pressions**

Pression	Théorique en bars	Calculée en bars	Mesurée en bars
(1) à l'entrée du pivot	.....	.....	.....
(2) intermédiaires	.....	.....	.....
(3)	.....	.....	.....
(4) au canon d'extrémité	.....	.....	.....
perte de charge globale J	.....	.....	.....
(4) - (1)	.....	.....	.....

J = .....

*Tracer la courbe des pressions sur le diagramme*

**• Intensité pluviométrique**

*Intensité pluviométrique maximale des asperseurs terminaux :*

Valeur calculée : I max = ..... mm/h ;

valeur mesurée :

I max = ..... mm/h

Après le passage du pivot, constate-t-on sur le sol arrosé :

des flaques : Oui  , Non

du ruissellement : Oui  , Non

Si Oui, localiser sur le diagramme pluviométrique à quelle distance du pivot central



# Diagnostic du fonctionnement d'un pivot au champ (1994)

## Mode d'emploi de la fiche diagnostic

### ■ Caractéristiques de la parcelle

#### ● Cultures

Il s'agit de cultures irriguées l'année en cours.

#### ● Sol

Deux caractéristiques importantes doivent être évaluées :

⇒ la **Réserve utile** (RU), qui conditionne la dose maximale que l'on peut apporter au cours d'une rotation du pivot.

⇒ la **perméabilité** (vitesse d'infiltration), qui limite l'intensité pluviométrique acceptable pour qu'il n'y ait pas flacage ou ruissellement.

Ces caractéristiques doivent être mesurées sur le type de sol le plus représentatif de la parcelle irriguée. Le cas échéant, l'enquêteur les appréciera à partir de références locales connues.

A titre indicatif, on peut noter les ordres de grandeur ci-après :

Type de sol	Réserve Utile mm/cm	Perméabilité mm/h
Argile, limon argileux	1,7 à 2	2 à 10
Limon sableux	0,8 à 1,7	10 à 40
Sable	0,4 à 0,8	40 à plus de 100

La **réserve facilement utilisable** (RFU) est déduite de la RU comme suit :

2/3 de RU de 0 à 60cm de profondeur de sol

1/2 de RU de 60 à 90cm " "

1/3 de RU au delà de 90cm " "

A titre d'exemple, on peut considérer les classes suivantes :

⇒ **sol à bonne réserve** (argile, limon argileux, profond de plus de 90cm) 100 < RFU < 150mm

⇒ **sol à réserve moyenne** (limon sableux, profond de 60 à 90cm) 50 < RFU < 100mm

⇒ **sol à faible réserve** (sable, profond de moins de 60 cm) 20 < RFU < 50mm

#### ● Le vent

A défaut de mesure ou de données fiables, l'enquêteur se référera à l'expérience de l'agriculteur.

#### ● Débit d'équipement

Le débit d'équipement souhaitable,  $q, m^3/h/ha$ , doit permettre de satisfaire les besoins de pointe journaliers  $D, mm/j$

$$q(m^3/h/ha) = \frac{D(mm/j)}{2,4}$$

Les besoins journaliers dépendent du climat (Pluie, ETP), de la nature des cultures ( $ET_{Rop} = kc \cdot ETP$ ) et de la contribution des réserves en eau du sol à l'alimentation des cultures.

Le débit d'équipement doit être calculé par l'enquêteur, ou le cas échéant évalué par lui à partir de références locales.

#### Exemple

Pour une culture de maïs en zone sèche (sans pluie pendant la période de pointe), on peut retenir les ordres de grandeur suivants :

sol	Dmm/j	q $m^3/h/ha$
à bonne réserve	3 à 4	1,3 à 1,7
à réserve moyenne	4 à 5	1,7 à 2,1
à faible réserve	5 à 6	2,1 à 2,5

### ■ Le matériel

Faire un schéma aussi exact que possible de la parcelle arrosée en figurant :

⇒ la position des points d'alimentation en eau

⇒ la surface réellement arrosée par le pivot

⇒ les angles non arrosés ou arrosés par un système d'arrosage complémentaire

⇒ les directions de vent dominant et le jour de l'essai

### ■ Pratique de l'irrigation

Les renseignements sont donnés par l'irrigant.

L'enquêteur portera une attention particulière à cette partie du diagnostic, qui permettra de dégager des enseignements indispensables sur la pratique de l'irrigation.

Les réponses de l'agriculteur seront notées avec le plus de précision possible.

L'interview sera réalisé avant tout contrôle sur le terrain

## ■ Contrôle du pivot

### ● Répartition pluviométrique

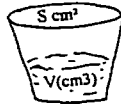
Le contrôle sera effectué :

- ⇒ sur terrain nu ou en début de végétation, afin de pouvoir placer les pluviomètres au sol sans encombre,
- ⇒ par vent nul ou le plus faible possible.

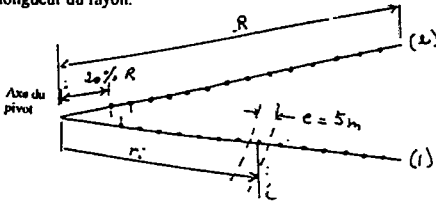
Les pluviomètres seront constitués de récipients dont le diamètre à l'ouverture sera de 20cm au moins et la hauteur suffisante pour éviter des projections, soit 20cm au moins.

Si le récipient n'est pas gradué, le volume d'eau recueilli (V) sera mesuré dans une éprouvette et la pluviométrie calculée :

$$P(\text{mm}) = \frac{V(\text{cm}^3) \cdot 10}{S(\text{cm}^2)}$$



Pour avoir une précision suffisante, il est conseillé d'effectuer deux séries de mesures le long de deux rayons arrosés par le pivot, tels que la distance maximale à l'extrémité des rayons n'exécède pas 50m. Les pluviomètres seront numérotés et disposés tous les 5m, de façon décalée sur chaque rayon, comme indiqué sur le schéma. Le premier pluviomètre sera placé à une distance de l'axe du pivot égale à 20% de la longueur du rayon.



On notera dans le tableau les distances  $r_i$ , les pluviométries mesurées  $P_i$  et les pluviométries pondérées  $P_i \times r_i$ .

On peut éventuellement effectuer les mesures le long d'un seul rayon. Dans ce cas les pluviomètres devront être disposés tous les 2,5m.

Noter les emplacements des tours lors de la mesure des pluviomètres.

**Calcul de la dose moyenne apportée par le pivot :**

Chaque pluviomètre est représentatif d'une surface arrosée  $S_i$  croissante à partir de l'axe du pivot :

$$S_i = 2 \Pi r_i c$$

qui reçoit un volume  $V_i = \Sigma P_i = 2 \Pi c \Sigma P_i r_i$

Le volume total apporté au cours d'une rotation est :

$$V = \Sigma V_i = \Sigma 2 \Pi c P_i r_i = 2 \Pi c \Sigma P_i r_i \quad (1)$$

et la surface totale arrosée :  $S = \Sigma S_i = 2 \Pi c \Sigma r_i \quad (2)$

d'où la dose moyenne apportée

$$D = \frac{V}{S} = \frac{\Sigma P_i r_i}{\Sigma r_i} \quad ; \quad D = \frac{\Sigma P r}{\Sigma r}$$

### Diagramme pluviométrique et uniformité

Les hauteurs pluviométriques mesurées (P) seront reportées sur le diagramme pluviométrique dont l'échelle des abscisses tient compte de l'importance des surfaces arrosées que représente chaque pluviomètre. On choisira l'une des deux échelles proposées selon la taille du pivot.

On tracera sur le diagramme une droite horizontale figurant la dose moyenne apportée D et de part et d'autre de cette droite les plages de bon fonctionnement suivantes :

- D ± 10% : excellent
- D ± 15% : bon
- D ± 20% : moyen
- D ± 25% : passable
- au-delà de D ± 25% : mauvais

On pourra évaluer sur le diagramme les surfaces cumulées recevant moins de 80% ou plus de 120% de la dose moyenne.

Pour plus de précision, on peut calculer le coefficient d'uniformité :

$$C_u = 100 \left( 1 - \frac{\sigma_p}{D} \right)$$

avec :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\Sigma r_i (P_i - D)^2}{\Sigma r_i}}$$

On peut considérer que des valeurs de  $C_u$  inférieures à 85% sont médiocres

### ● Vitesse d'avancement

Le contrôle de la vitesse d'avancement doit se faire sur la dernière tour (tour motrice), sur sol tassé -c'est-à-dire après un passage au moins de l'appareil- et mouillé - c'est-à-dire pas en tout début d'arrosage.

L'enquêteur procédera à la mesure du temps  $t$  nécessaire pour effectuer 10 séquences successives d'avancement et de la distance  $d$  parcourue par la dernière tour au cours de ces 10 séquences.

Il en déduira la vitesse

$$V(\text{m/mn}) = \frac{d(\text{m})}{t(\text{mn})}$$

Il effectuera deux mesures successives au moins.

Il calculera la durée moyenne de rotation

$$T_m = \frac{L(\text{m})}{V(\text{m/mn}) \times 60}$$

avec  $L$  = longueur parcourue par la dernière tour et  $R$  = longueur du pivot

$$L_{(m)} = 211R_m$$

### ● Débit

La mesure précise du débit en tête du pivot nécessite un débitmètre.

On peut aussi estimer le débit à l'aide d'un compteur en mesurant sur une période suffisamment longue pour minimiser le risque d'erreur

On peut aussi mesurer la variation de niveau d'une bêche de reprise dont on connaît le volume

### ● Pressions

Les manomètres qui équipent les pivots sont rarement fiables. Le contrôle sera fait avec des manomètres vérifiés au manotest ou étalonnés.

Les pressions lues seront comparées aux pressions théoriques données sur le plan de busage.

La représentation de la courbe de pressions sur le diagramme de perte de charge de la fiche "diagnostic" permettra de mettre en évidence les causes de mauvais fonctionnement des buses, le cas échéant.

Le nombre de mesures de pression sera variable en fonction de la taille de l'appareil.

On peut compter une mesure tous les 250 m de canalisation.

### ● Intensité pluviométrique

L'intensité pluviométrique moyenne en haut de rampe  $I_{max}$  des asperseurs terminaux permet d'apprécier les risques de ruissellement ou de flacage. Elle ne doit pas être supérieure à la perméabilité du sol.

Sa valeur théorique est de la forme

$$I_{max} = 1.275 \times \frac{\pi \times R \times Dj}{24 \times \rho}$$

avec R : rayon d'arrosage en m

Dj : dose journalière en mm/j

$\rho$  : portée des asperseurs terminaux en m

### ● Contrôle du busage

Le contrôle systématique du busage consiste à vérifier que les buses qui équipent le pivot sont bien conformes au plan de busage.

Ce contrôle étant lourd et difficile, on pourra se limiter à contrôler les buses qui concernent les zones à mauvaise pluviométrie, qui ont été mises en évidence sur le diagramme pluviométrique.

Si aucune anomalie n'est constatée par rapport au plan de busage, il faudra procéder à une vérification à l'aide du logiciel VERIP (Cemagref), qui permet de calculer le débit à chaque asperseur et de le comparer au débit requis.

### ■ Matériel nécessaire

⇒ Pluviomètres à bord franc, de 20 cm de diamètre d'ouverture et de 20 cm de haut au moins,

⇒ Une éprouvette graduée de 1000cc (1 litre)

⇒ Un entonnoir,

⇒ Un double décimètre,

⇒ 2 ou 3 manomètres vérifiés au manotest,

⇒ Un chronomètre,

⇒ Un débitmètre ou le cas échéant un compteur,

⇒ Un clisimètre,

⇒ Quelques outils (clé à molette, pince multi-prises,...),

⇒ Du Téflon.

## ■ Diagnostic et appréciations générales

La fiche comprenant le diagramme pluviométrique, les éléments de diagnostic et l'appréciation générale sera remise à l'irrigant à l'issue du dépouillement des contrôles.

L'appréciation générale fera la synthèse des défauts constatés, on analysera les causes et proposera des améliorations.

## ■ Cas particulier d'une rampe frontale

### ● Pluviométrie

On disposera les pluviomètres sur deux lignes parallèles à la rampe, espacées de 30 à 50cm, en respectant la même disposition que sous un pivot (pluviomètres en quinconce, distants de 5m sur une même ligne).

### ● Dose moyenne

C'est la moyenne arithmétique des pluviométries mesurées.

### ● Coefficient d'uniformité

Coefficient de Christiansen

$$Cuc = \frac{\sum(v_i - v)}{v}$$

$V_i$  étant les volumes recueillis dans les pluviomètres

V le volume moyen recueilli.





# Fiche de synthèse



## Diagnostic du fonctionnement d'un pivot au champ (1994)

Chez Monsieur : .....

Adresse : .....

Pivot :            Marque : .....            Type : .....            Date du contrôle : .....

Asperseurs :    Marque : .....            Type : .....

                  Marque : .....            Type : .....

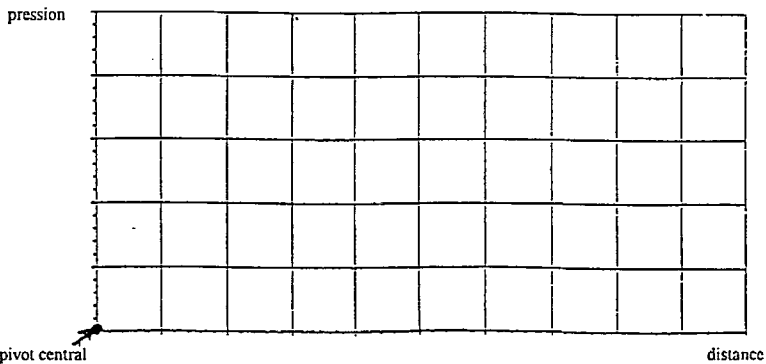
Canon :            Marque : .....            Type : .....

### Éléments de diagnostic

	Observé	Souhaitable	Observations
Dose moyenne apportée	.....mm	.....mm	
Surface sur/sous arrosée (voir diagramme au verso)	.....%	.....%	
Durée de rotation	.....heures	.....heures	
Débit du pivot	.....m <sup>3</sup> /h	.....m <sup>3</sup> /h	
Pression : à l'entrée du pivot au canon d'extrémité	.....bars .....bars	.....bars .....bars	

Flacage ou ruissellement :    Non             Oui             Si Oui, localiser sur le diagramme, au verso

Courbe de répartition des pressions le long de la rampe



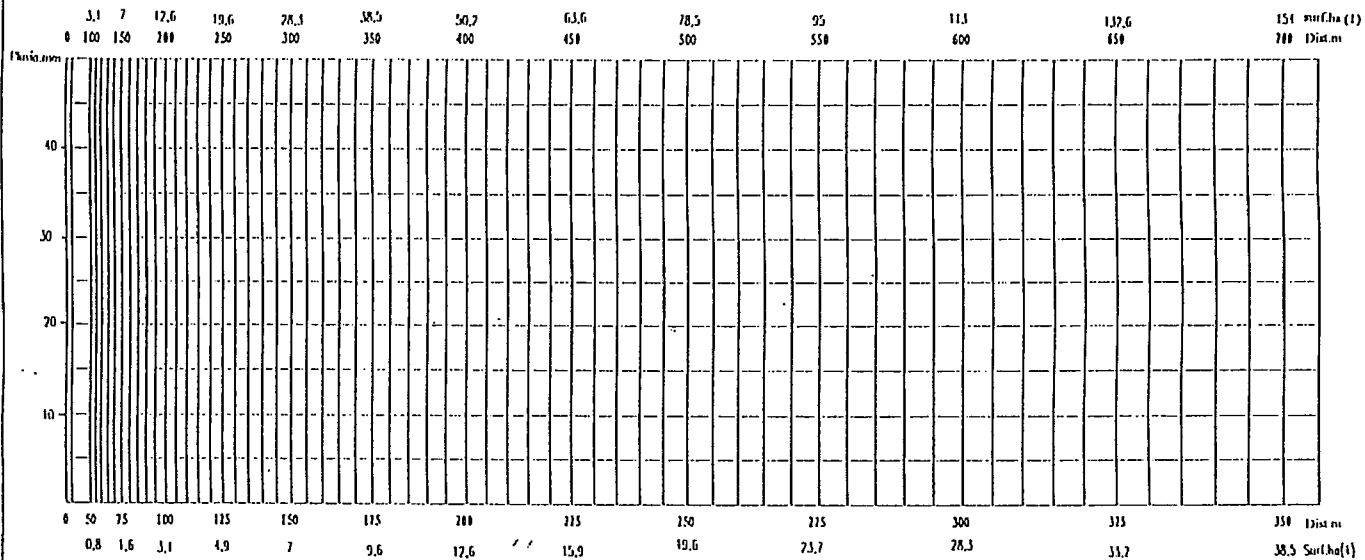
### Appréciation générale

### Diagramme pluviométrique

Schéma descriptif du pivot (positions des tours, du porte à faux, portée du canon)



Courbe pluviométrique en fonction de la surface



(1) Valeurs des surfaces correspondant à un tour complet du pivot



**RÉSEAU NATIONAL EXPÉRIMENTATION DÉMONSTRATION  
SECTEUR HYDRAULIQUE AGRICOLE**

**BP 5095 - 34033 MONTPELLIER CEDEX 1 - Tél. 67 04 63 57 - Fax 67 63 57 95 - Télex 490990F**



9 782853 624138

90 F TTC

**Cemagref Éditions  
ISBN 2-85362-413-7**