

CHAPITRE 13:

Irrigation des arbres par barboteurs

INTRODUCTION

L'irrigation par barboteurs est un système d'irrigation localisée à basse pression, installé de manière fixe et permanente et utilisé dans les plantations d'arbres. Au pied de chaque arbre est aménagée un bassin (ou cuvette) rond ou carré, qui est rempli d'eau durant l'irrigation. L'eau fournie par des barboteurs s'infiltre dans le sol et humidifie la zone racinaire. Les barboteurs sont de petits distributeurs disposés dans chaque bassin (une ou deux unités selon les besoins), qui distribuent l'eau à un débit de 100 à 250 litres/heure.

TRAME ET COMPOSANTES DU SYSTÈME

La trame du réseau, typique de tous les réseaux sous pression, comprend un ouvrage de tête sans dispositif de filtration ni de fertilisation. Les conduites principales et secondaires sont généralement des conduites enterrées rigides en PVC, avec des bornes s'élevant au-dessus de la surface. Souvent les adducteurs et conduites latérales sont aussi des tuyaux enterrés rigides en PVC. Les barboteurs sont soit disposés sur un piquet au-dessus du sol et raccordés à la conduite latérale par un petit tuyau en plastique débouchant en surface, soit fixés sur de petits tubes de rallonge en PVC branchés sur la conduite latérale enterrée.

La différence entre le système de barboteurs et les autres installations de micro-irrigation réside dans le diamètre des conduites latérales: 50 mm dans le premier cas, (en raison d'un débit élevé dans ces conduites) et 12–32 mm dans le second; c'est ce facteur qui explique la nécessité d'enterrer la conduite latérale.

LES BARBOTEURS DE DISTRIBUTION

Les barboteurs sont de petits distributeurs en plastique avec un joint fileté. À l'origine conçus pour être utilisés sur des tubes de rallonge au-dessus du sol, pour l'irrigation par submersion de petites surfaces ornementales, ils ont été employés avec succès ces dernières décennies dans plusieurs pays pour l'irrigation des arbres fruitiers. Ils fonctionnent parfaitement dans une large gamme de pressions, distribuant l'eau sous forme de fontaine, d'un petit écoulement ou d'une minuscule ombrelle à proximité du distributeur.

Les principales caractéristiques du système sont:

- pression de service: 1 à 3 bars;
- débit: 100 à 250 l/h (ajustable);
- aucune filtration requise.

Il existe une très large gamme de débits jusqu'à 800 l/h; seuls les barboteurs à faibles débits sont présentés ci-dessous.

PROGRAMMATION DE L'IRRIGATION

Avec l'irrigation par barboteurs, le volume de sol humidifié dans la zone racinaire atteint environ 80 pour cent. Par conséquent, le programme d'irrigation peut être établi sans restrictions; on peut adopter un programme à dosage fixe ou à intervalle fixe, en prenant en considération la capacité de rétention de l'humidité du sol, la disponibilité de l'eau d'irrigation, l'importance du débit, etc.

CRITÈRES ET CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION

L'irrigation par barboteur est utilisée principalement dans les vergers. Les critères les plus importants, en dehors des critères de conception habituels, sont les caractéristiques et propriétés très spécifiques du système.

Les barboteurs distribuent l'eau en un point particulier avec un débit assez important. Ainsi une préparation minimale du sol est nécessaire pour répartir l'eau uniformément dans le bassin. Dans les sols sableux, l'eau s'infiltre au point d'application et des pertes élevées se produisent à cause de la percolation profonde. Dans les sols plus fins avec de faibles taux d'infiltration, l'eau s'accumule en favorisant l'évaporation.

Les arbres adultes nécessitent toujours deux barboteurs, un de chaque côté, pour assurer une uniformité d'application acceptable. Le débit par arbre, d'environ 500 l/h, est relativement élevé, en comparaison des autres systèmes de micro-irrigation. Ainsi, le diamètre d'une conduite latérale de 80 mm de longueur sera de 50 mm pour irriguer un simple rang de 13 arbres espacés de 6 m.

La pratique courante est de disposer une conduite latérale pour deux rangées d'arbres avec de petits tuyaux flexibles se déroulant de chaque côté et branchés aux barboteurs. De cette manière, la même conduite latérale de 50 mm de diamètre, enterrée entre deux rangs d'arbres, peut desservir 12 arbres de chaque côté, soit 24 arbres espacés de 6 m, avec 48 barboteurs.

La dimension de l'équipement du système doit toujours être adaptée aux débits requis pour les arbres adultes.

Pour de plus longues conduites latérales, des barboteurs à pression compensée peuvent convenir, bien que ceci entraîne une consommation d'énergie supérieure, et la pose de conduites à haute pression, plus coûteuses.

COÛTS

Le coût d'une installation complète permanente est d'environ de 3 900 \$EU par hectare, dont 70 \$EU pour l'ouvrage de tête, soit moins de 2 pour cent du total. Le coût des conduites (toutes en PVC rigide) est de 1 250 \$EU, plus 970 \$ pour la tranchée (déblai et remblai), soit environ 56 pour cent du total. Les barboteurs avec leurs petits tuyaux flexibles de connexion coûtent 980 \$EU, ou 25 pour cent du total. Le coût par arbre des conduites latérales avec les barboteurs est d'environ 6,60 \$EU.

AVANTAGES

- Efficience d'irrigation élevée, jusqu'à 75 pour cent, permettant des économies d'eau considérables, avec un contrôle absolu de l'eau de sa source jusqu'au bassin de l'arbre.
- L'ensemble du réseau est enterré, ce qui laisse le terrain libre pour toutes les façons culturales.
- La technologie est simple et aucun équipement sophistiqué n'est requis. Le système peut être utilisé par des exploitants et ouvriers non spécialisés.
- Aucun filtre ni installation de fertilisation ne sont nécessaires.

INCONVÉNIENTS

- Investissement initial élevé.
- Les petits débits ne conviennent pas, à l'inverse des autres systèmes de micro-irrigation.
- Dans les sols sableux à taux d'infiltration élevé, il est malaisé d'obtenir une distribution uniforme de l'eau dans les bassins des arbres.

EXEMPLE DE PROJET – IRRIGATION D'ARBRES FRUITIERS PAR BARBOTEURS

Superficie et cultures

La parcelle, qui mesure 120 x 85 m (1 ha), est plantée de rangs de goyaviers adultes espacés de 6 x 6 m. Il y a 280 arbres répartis en 20 rangs de 14 arbres chacun. La pente de la parcelle est de 0,5 pour cent de l'ouest vers l'est et du nord vers le sud.

Sol, eau et climat

Sol à texture moyenne avec un taux d'infiltration d'environ 8 mm/h et une humidité disponible de 150 mm/m de profondeur. Un forage existant fournit un apport sûr de 25 m³/h d'une eau de qualité convenable. Le relevé moyen de l'évaporation en bac est de 7 mm/jour.

Besoins en eau et programme d'irrigation

L'évaporation en bac de 7 mm/jour multipliée par 0,66 (facteur de correction de l'évaporation en bac) donne une ETo de 4,65 mm/jour. Le facteur cultural k_c est de 0,65, ainsi $ET_c = 4,65 \times 0,65 = 3$ mm/jour. La superficie ombragée par la canopée des arbres est de 70 pour cent mais définie à 82 pour cent pour les besoins du calcul. Par conséquent les besoins quotidiens nets sont de $3 \times 0,82 = 2,48$ mm/jour. Avec une efficacité d'application du système de 75 pour cent, les besoins quotidiens bruts sont de $2,48 \times 100 \div 75 = 3,3$ mm (33 m³). Si l'irrigation a lieu tous les dix jours, la dose brute est de $10 \times 33 = 330$ m³.

L'intervalle maximum admissible d'irrigation en juillet pour un tarissement de l'humidité de 50 pour cent sur une profondeur des racines des arbres de 0,60 m est de: $150 \times 0,6 \times 0,5 \div 3 = 15$ jours. La fréquence d'irrigation dépend de plusieurs facteurs mais ne doit en aucun cas excéder l'intervalle d'irrigation admissible.

Trame du système, performances et caractéristiques hydrauliques

La conduite principale sert d'adducteur. Les conduites latérales sont des conduites enterrées en PVC rigide de 50 mm de diamètre posées entre chaque lignée d'arbres, avec des tubes flexibles de 12 mm de diamètre s'élevant de chaque côté et alimentant chaque bassin par deux barboteurs (figures 13.1 et 13.2). Les principales caractéristiques des barboteurs sont (tableaux 13.1 et 13.2):

- débit: 225 l/h à 2 bars;
- nombre de barboteurs par conduite latérale: 56 (chaque conduite latérale irrigue 2 rangs d'arbres, c'est-à-dire 28 arbres);
- débit dans la conduite latérale: 12,600 l/h (12,6 m³/h);
- nombre total de conduites latérales: 10;
- débit du système: 25 m³/h;
- nombre de conduites latérales en service simultanément: 2;
- nombre de tours par irrigation: 5;
- heures de fonctionnement par tour: 2,64 h (2h 38 mn);
- temps requis pour une irrigation: 13,2 h (13h 15 mn).

TABLEAU 13.1 - Pression de fonctionnement du système

Pression de fonctionnement du système	bars
Pression au barboteur	2,00
Pertes de charge dues au frottement dans la conduite latérale	0,34
Pertes de charge dues au frottement dans la conduite principale	0,60
Pertes de charge dues au frottement dans l'ouvrage de tête	0,20
Pertes de charge mineures	0,20
Sous-total	3,34
Différence de niveau	- 0,10
Charge dynamique totale	3,24

FIGURE 13.1 - Exemple de projet d'irrigation d'un verger par barboteurs.

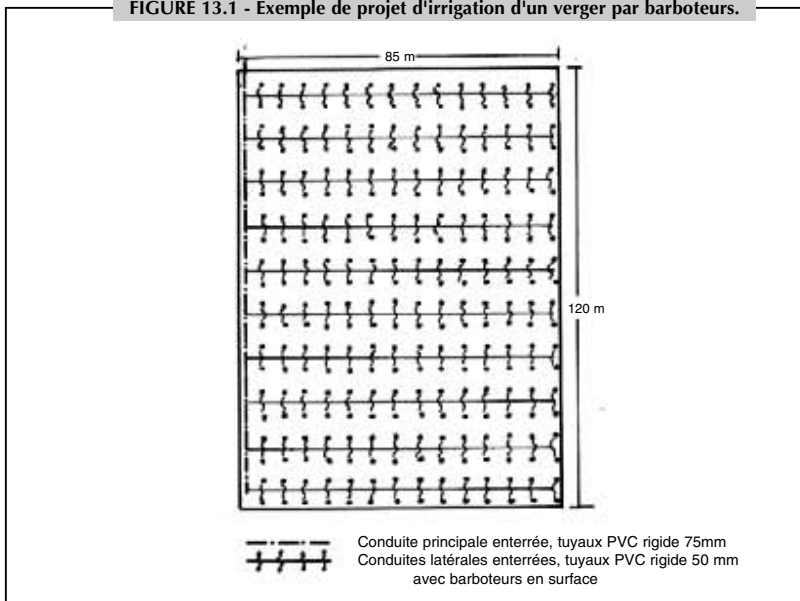
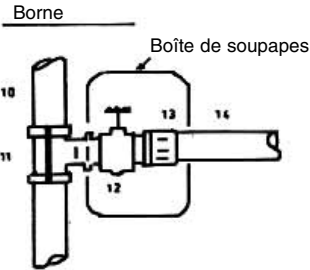
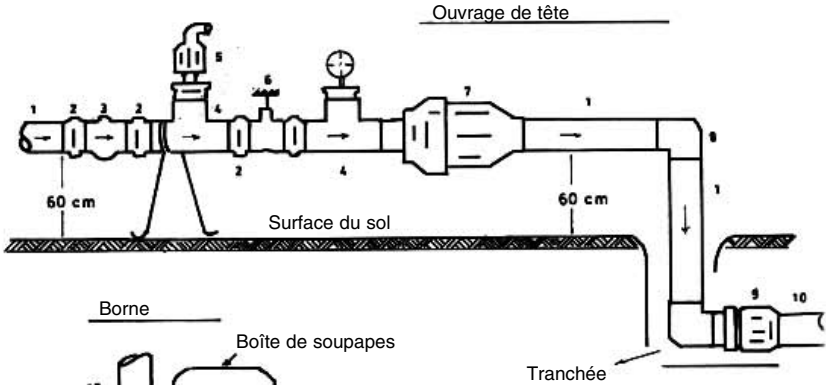


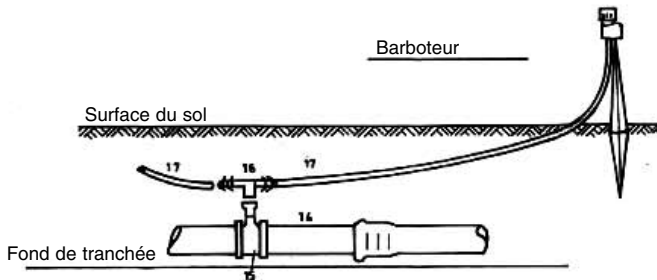
TABLEAU 13.2 - Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système

Pièce n°	Description	Quantité	Prix unitaire \$EU	Prix total \$EU
Réseau de distribution				
1.	Tube uPVC 75 mm, 6 bars, joint pression	120 m	1,90	228,00
2.	Tube uPVC 50 mm, 6 bars, joint pression	850 m	1,20	1020,00
3.	Collier de prise en charge PP 75 mm x 2 in	10 U	2,25	22,50
4.	Collier de prise en charge PP 50 mm x 1 in	140 U	1,10	154,00
5.	Adaptateur PP 75 mm x 2 in	1 U	9,00	9,00
6.	Adaptateur PP 50 mm x 2 in	10 U	4,00	40,00
7.	Bouchon PP 75 mm	1 U	9,00	9,00
8.	Bouchon PP 50 mm	10 U	4,00	40,00
9.	Raccord 2 in	10 U	1,00	10,00
10.	Vanne sectionnement laiton 2 in	10 U	12,00	120,00
11.	Té fileté PVC 1 in	140 U	1,00	140,00
12.	Raccord réducteur PVC 1 in x 50 mm	280 U	0,60	168,00
13.	Té à ergot PP 12 mm	280 U	0,30	84,00
14.	Adaptateur à ergot PP 2 in x 50 mm	280 U	0,25	70,00
15.	Tube PVC flexible 12 mm	1120 m	0,25	280,00
16.	Jeu de barboteur, 225l/h à 2 bars (ajustable)	560 U	0,70	392,00
17.	Boîte à soupapes, plastique 31 x 50 x 40 cm	10 U	20,00	200,00
18.	Déblai et remblai tranchée	970 m	1,00	970,00
Sous-total				3956,50
Ouvrage de tête				
19.	Vanne contrôle laiton 2 in	1 U	15,00	15,00
20.	Vanne sectionnement laiton 2 in	2 U	13,00	26,00
21.	Té 2 ½ in (acier galvanisé ou PVC)	3 U	3,50	10,50
22.	Raccord 2 in	4 U	1,00	4,00
23.	Purgeur à air simple 1 in	1 U	12,00	12,00
Sous-total				67,50
COÛT TOTAL				4024,00

FIGURE 13.2 - Techniques de raccordement dans l'irrigation par barboteurs.



- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 – tuyau 2 ½ in | 10 – conduite uPVC 75 mm |
| 2 – raccord 2 ½ in | 11 – collier de prise en charge PP 75 mm x 2 in |
| 3 – vanne de contrôle 2 ½ in | 12 – vanne de sectionnement 2 in |
| 4 – té fileté 2 ½ in | 13 – adaptateur 2 in x 50 mm |
| 5 – purgeur d'air 1 in | 14 – tuyau uPVC 50 mm |
| 6 – vanne de sectionnement 2 ½ in | 15 – collier de prise en charge 50 mm x 1 in |
| 7 – filtre à disque (en option) | 16 – té à ergot ½ in |
| 8 – coude | 17 – tube flexible PVC 12 mm |
| 9 – adaptateur PP 2 ½ in x 75 mm | |





CHAPITRE 14:

Irrigation goutte-à-goutte

INTRODUCTION

En irrigation par goutte-à-goutte, l'eau est appliquée séparément à chaque plante en quantités réduites, précises et fréquentes au moyen d'un distributeur appelé goutteur. Il s'agit de la méthode d'irrigation la plus avancée, avec l'efficacité d'application la plus élevée. L'eau est distribuée en continu au même endroit sous forme de gouttes et s'infiltre dans le sol en humectant la zone racinaire, verticalement par gravité et latéralement par effet de capillarité. La zone plantée n'est que partiellement humidifiée.

Dans les sols moyennement lourds de bonne structure, le mouvement latéral de l'eau sous la surface est plus important que dans les sols sableux (tableau 14.1). En outre, lorsque le débit du goutteur excède le taux d'absorption du sol et sa conductivité hydraulique, l'eau s'accumule en surface. Ceci conduit à une distribution de l'eau plus latérale que verticale. Les valeurs suivantes d'épandage latéral de l'eau sont indicatives:

TABLE 14.1 - Type de sol et rayon moyen d'épandage latéral d'eau des goutteurs

Type de sol	Rayon moyen d'épandage de l'eau
Texture légère	30 cm
Texture moyenne	65 cm
Texture fine	120 cm

TRAME ET COMPOSANTES DU SYSTÈME

Un système intégral d'irrigation par goutte-à-goutte comprend un ouvrage de tête, des conduites principales et secondaires, des bornes, des adducteurs et des conduites latérales équipées de goutteurs.

L'ouvrage de tête (contrôle/commande)

Ses caractéristiques et équipements dépendent des besoins du système. Habituellement il comprend une vanne de sectionnement, des vannes de contrôle, une unité de filtrage, un injecteur d'engrais et d'autres petits accessoires.

Les conduites principales et secondaires

Elles sont généralement enterrées, surtout si elles sont en PVC rigide.

Les bornes

Branchées sur les conduites principales et secondaires, elles sont munies de vannes de sectionnement de 2 ou 3 pouces, et peuvent fournir tout ou partie du débit alimentant les adducteurs. Elles sont placées dans des boîtes de soupapes où elles sont protégées.

Les adducteurs

Ce sont généralement des conduites de 50, 63 ou 75 mm de diamètre. S'ils sont en PEHD, ils restent en surface et sont reliés à la borne par des raccords de compression en PP.

Les conduites latérales à goutteurs

Elles sont toujours en PEFD noir flexible de 12–20 mm, PN 3 à 4 bars. Elles sont branchées sur l'adducteur, à des positions fixes, avec de petits raccords en PP, et posées le long des rangées de cultures. Elles sont équipées de goutteurs ou d'autres distributeurs espacés régulièrement (figure 14.1).

FIGURE 14.1 - Conduite principale, adducteur et conduites latérales avec goutteurs.



En général, le réseau de distribution (conduites principales, conduites secondaires et adducteurs) est constitué de tuyaux et raccords thermoplastiques (PVC, PE, PP, etc.) pour des pressions PN 6 et 10 bars. Toutefois, d'autres types de tuyaux peuvent être utilisés pour ces conduites, tels que les tuyaux en acier léger à raccord rapide. Dans le passé, des conduites en PVC rigide, assemblées de façon permanente et enterrées, servaient de conduites principales et secondaires avec des bornes implantées en surface aux endroits désirés. Plus récemment, des tuyaux en PEHD de 50–75 mm, PN 6 bars, posés en surface, ont été utilisés pour l'ensemble du réseau de distribution dans les petites exploitations. De plus grands diamètres de tuyaux en PE sont aussi disponibles, mais ils sont plus coûteux que les tuyaux rigides en PVC de même diamètre.

La pression de service variant entre 2 et 3 bars, tous les types d'irrigation par goutte-à-goutte sont classifiés comme systèmes localisés à basse pression, à installation fixe ou saisonnière.

LES DISTRIBUTEURS GOUTTE-À-GOUTTE (GOUTTEURS)

Les goutteurs sont de petits distributeurs en plastique de haute qualité. Ils sont montés à intervalle régulier sur de petits tuyaux flexibles en PE. L'eau pénètre dans les goutteurs sous une pression d'environ 1 bar et ressort sans pression sous forme de gouttelettes continues avec un faible débit de 1 à 24 litres/heure. Les goutteurs sont divisés en deux principaux groupes selon la manière dont ils dissipent l'énergie (pression):

- type à orifice, avec une section d'écoulement de 0,2 à 0,35 mm²;
- type à circuit long avec une section d'écoulement plus grande de 1 à 4,5 mm².

Les deux types sont fabriqués avec différents mécanismes et principes de fonctionnement, tels qu'une diode à vortex, un diaphragme ou disque flottant pour les goutteurs à orifice, et un circuit en labyrinthe de diverses formes pour le type à circuit long. Tous les goutteurs actuellement disponibles sur le marché sont à écoulement turbulent.

Les goutteurs sont aussi caractérisés par le type de raccordement à la conduite latérale: en dérivation, par insertion dans la paroi du tube à l'aide d'un poinçon, ou en ligne, en tranchant le tube pour insérer le goutteur manuellement ou à l'aide d'un instrument.

Des goutteurs en dérivation à multiples sorties sont aussi disponibles avec des sorties à quatre ou six tubes de type «spaghetti».

Les spécifications suivantes doivent être données par le fournisseur:

- débit du goutteur pour la pression de fonctionnement recommandée, normalement 1 bar;

- débit du goutteur en fonction des variations de pression et longueur optimale de la ligne de goutteurs avec différents espacements et pentes;
- type de raccordement;
- besoins en filtration;
- coefficient de variation (variabilité de fabrication des goutteurs).

Alors que certains types de goutteurs sont montés sur le tuyau en usine, d'autres peuvent être achetés séparément et montés sur le tuyau en fonction des besoins.

GAINES DE MICRO-IRRIGATION

Il s'agit de lignes de tuyaux à paroi mince avec des points d'émission espacés de 10, 20, 30 ou 45 cm ou tout autre espacement, fournissant de plus faibles débits que les goutteurs habituels à de très faibles pressions, c'est-à-dire 0,4 à 1 litre/heure sous 0,6 à 1 bar. Ce sont des tuyaux à goutteurs intégrés car les goutteurs sont posés dans les parois du tuyau à des intervalles fixés à la fabrication. Ces gaines constituent des conduites latérales avec goutteurs prêtes à l'emploi qui offrent une uniformité d'application très élevée. Elles sont en PEFD ou en tout autre type de PE souple et existent en divers diamètres de 12 à 20 mm et en plusieurs épaisseurs de parois (0,1 à 1,25 mm). Grâce à un système de filtration incorporé dans le tube, elles sont moins sensibles au bouchage mécanique ou biologique que les goutteurs conventionnels.

TUYAUX À PAROIS POREUSES

Ces tuyaux de petit diamètre (environ 16 mm) sont des tubes flexibles à paroi minces poreuses en fibres de PE, en PVC, en ABS, ou en caoutchouc. Ils permettent le passage à basse pression de l'eau et des éléments nutritifs par transpiration au travers du tube, qui vont irriguer les plantes. Le débit dans les tuyaux poreux n'est pas précis, car la dimension des pores est variable et instable. Ils sont utilisés comme tuyaux latéraux goutteurs en dessous de la surface. L'application de cette technique est limitée, bien qu'elle offre quelques avantages.

FILTRATION

La filtration de l'eau d'irrigation est d'une importance majeure pour l'application normale de ce système. Les impuretés solides contenues dans l'eau doivent être éliminées par une filtration efficace pour éviter que les goutteurs ne soient endommagés par engorgement. Le type de filtration dépend du type d'impuretés et du degré de filtrage requis.

PROGRAMMATION DE L'IRRIGATION

En irrigation par goutte-à-goutte, le volume de sol de la zone racinaire n'est que partiellement humecté et la disponibilité d'humidité restreinte. Le tarissement de l'humidité du sol ne doit pas excéder 40 pour cent de l'humidité disponible du sol dans le dernier stade de croissance des légumes et des arbres fruitiers, et 20 à 30 pour cent dans les stades précédents pour les légumes. Toutefois, pour obtenir des rendements supérieurs, la pratique courante est d'irriguer chaque jour dans les derniers stades. Il est possible de programmer l'irrigation de manière appropriée en utilisant des tensiomètres pour indiquer la tension d'humidité du sol dans la zone racinaire. Celle-ci varie de 10 cbars pour les sols légers à 25 cbars pour les sols lourds.

CRITÈRES ET CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION

L'irrigation goutte-à-goutte est principalement appliquée aux cultures intensives plantées en rangées (légumes, arbres fruitiers, melons, bananes, papayes, fleurs, raisins, etc.). Elle n'est pas recommandée pour les pommes de terre, les salades, les légumes à feuilles, les arachides, la luzerne, et les autres cultures à plantation dense, bien qu'elle puisse être parfois utilisée avec succès pour ces cultures.

Les goutteurs et/ou l'espacement des conduites latérales sont directement liés à l'espacement de plantation des cultures. Pour la plupart des cultures de légumes, l'espacement des goutteurs correspond à l'intervalle inter-cultures, c'est-à-dire un goutteur par plante et une conduite latérale de goutteurs par rang de plantes. Avec les gaines de micro-irrigation il existe plusieurs points de distribution par plante afin d'assurer une bande humide continue le long de la ligne de cultures; dans ce cas on dispose une gaine de micro-irrigation par rang de plantes.

En irrigation goutte-à-goutte, la plupart des légumes développent leurs principales racines dans les premiers 30 cm de profondeur du sol, en dessous du point de distribution de l'eau. Ainsi, si les cultures et les points de distribution sont peu espacés le long du rang, la plus grande partie du volume de sol pourra être suffisamment humidifiée avec des rendements des cultures optimaux.

Lorsque la culture est plantée de manière dense en planches, une conduite latérale de goutteurs pour deux rangs peut être mise en place avec de bons résultats. D'autres cultures plantées en doubles rangées (céleri, poivron et piment) sont aussi irriguées par une conduite latérale de goutteurs placée entre les rangs.

Dans les vergers où les arbres sont très espacés, l'espacement des goutteurs diffère de celui adopté pour les légumes. Comme la surface du sol

n'est que partiellement mouillée, seule une partie du système racinaire est également mouillée. Le principal objectif est de mouiller le plus grand volume possible de sol par arbre (volume de système racinaire), pas moins de 35 pour cent, tout en évitant la percolation en profondeur, au-delà de 50–60 cm, qui est la profondeur moyenne des racines des arbres fruitiers sous irrigation goutte-à-goutte. Ce pourcentage de 35 pour cent correspond environ à une superficie de sol de 10 à 12 m², avec un espacement des arbres de 5 x 6 m ou 6 x 6 m. À partir de ce principe et des chiffres indicatifs sur l'épandage latéral de l'eau, les projets de conduites latérales avec goutteurs dans un verger d'arbres se fonderont sur les éléments suivants:

- ligne simple par rangée d'arbres, avec environ 4 à 8 goutteurs tous les 0,80 à 1,20 m le long de la ligne;
- tracé circulaire, ou en boucle autour de l'arbre. Cette disposition compte une ligne simple par rangée et, pour chaque arbre, soit une plus petite ligne d'extension avec cinq à huit goutteurs autour de l'arbre, soit un goutteur à multiples sorties avec quatre à six petits tubes s'étendant radialement autour de l'arbre. Le diamètre du cercle varie de 1,2 à 2,2 m. Les arbres nouvellement plantés peuvent être munis de deux goutteurs seulement de chaque côté du bassin, à 35–40 cm du tronc de l'arbre;
- double ligne par rangée de plantes. Ce schéma est appliqué dans les plantations de bananiers, avec deux lignes de goutteurs par rang d'arbres, une de chaque côté, implantées à environ 1,2 à 1,6 m de l'arbre. Les goutteurs le long de la ligne sont alors respectivement espacés de 0,7 à 1,2 m (figure 14.2).

FIGURE 14.2 - Double ligne de goutteurs sur des bananiers.



COÛTS

Le coût d'une installation complète d'irrigation goutte-à-goutte s'élève à 4-5 000 \$EU/ha. Le coût des conduites (tous les tuyaux, y compris les conduites latérales) représente 2 000 \$EU, soit 45 pour cent du coût total. L'ouvrage de tête représente 30 pour cent du coût total.

AVANTAGES

- Économie d'eau. La superficie plantée est partiellement humidifiée, mais précisément et avec une quantité d'eau contrôlée. Ainsi, de grandes quantités d'eau d'irrigation sont économisées et la superficie irriguée peut être accrue avec le même volume mobilisé, ce qui permet un revenu supérieur par unité de volume d'eau.
- Utilisation de ressources en eau salée. Le goutte-à-goutte permet de maintenir de faibles tensions d'humidité du sol dans la zone racinaire de manière continue avec des applications faibles mais fréquentes. Les sels dissous s'accumulent à la périphérie de la masse de sol humide et les plantes peuvent facilement puiser l'eau dont elles ont besoin. Ceci permet l'utilisation d'eaux contenant plus de 3 000 mg/l de quantité totale de matière dissoute, ce qui serait impossible avec d'autres méthodes.
- Utilisation sur des sols marginaux. De petites parcelles irrégulières marginales, éloignées en raison du morcellement des terres et présentant des topographies variables et des sols peu profonds très caillouteux, peuvent être productives avec les techniques de goutte-à-goutte qui livrent directement aux plantes les quantités nécessaires d'eau et d'éléments nutritifs.
- Les faibles besoins en main-d'œuvre, la surveillance restreinte de la culture, la lutte réduite contre les mauvaises herbes et le fonctionnement ininterrompu font également partie des avantages de la méthode.

INCONVÉNIENTS

- Coût initial assez élevé.
- Une gestion rationnelle de l'irrigation est indispensable pour un fonctionnement satisfaisant du système, l'application de la fertilisation et l'entretien de l'équipement de l'ouvrage de tête (filtres, injecteurs, etc.).
- Engorgement des goutteurs. Le premier obstacle à la réussite de l'introduction des techniques d'irrigation par goutte-à-goutte dans les pays en voie de développement est le colmatage mécanique des goutteurs dû à un filtrage insuffisant des impuretés de l'eau d'irrigation.

EXEMPLE DE PROJET: IRRIGATION GOUTTE-À-GOUTTE DES PASTÈQUES

Superficie et cultures

La parcelle, de 120 x 83 m (environ un hectare), porte une culture à ciel ouvert de pastèques en rangs espacés de 2,20 m, avec un espacement de 50 cm entre chaque plante. La parcelle est divisée en deux parties de 54 rangs de 40,5 m chacune; à raison de 81 plantes par rang, cela donne 4 374 plantes par ½ partie, 8 748 au total et 108 rangs plantés.

Sol, eau et climat

Sol de texture lourde à faible perméabilité (environ 6 mm/h) et une capacité de rétention de l'humidité élevée. La source d'eau est un réservoir à ciel ouvert situé à proximité; l'eau est de bonne qualité mais contient une grande quantité d'impuretés d'origine organique (algues). La saison culturale va de début avril à début juillet; les mesures maximum moyennes de l'évaporation en bac sont de 3,3 mm/jour pour avril, 4,64 mm/jour pour mai et 6,13 mm/jour pour juin.

Besoins en eau et programme d'irrigation

Les besoins maximum en eau de la pastèque surviennent durant le stade de mi-croissance et de formation du fruit à la fin mai et au début juin, lorsque la valeur de k_c est de 1. La valeur moyenne relevée pour les deux mois est de 5,38 mm/jour ce qui, multiplié par un facteur de correction de 0,66, donne une E_{To} de 3,55 mm/jour, équivalente à l' E_{Tc} puisque $k_c = 1$. L'efficacité d'application atteint 90 pour cent.

Par conséquent, le besoin quotidien brut de pointe est de:

$$3,55 \times 90 \div 100 = 3,94 \text{ mm/jour}$$

$$3,94 \times 10 \times 1 \text{ ha} = 39,4 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Le programme d'irrigation à la fin mai n'est pas fixé en fonction d'un tarissement fixe de l'humidité du sol, mais d'un intervalle fixe d'une journée. En conséquence l'irrigation est appliquée chaque jour avec une dose de 39,5 m³/jour. Au stade initial de la saison de croissance, l'intervalle d'irrigation varie entre quatre et deux jours.

Trame du système

Le système comprend un ouvrage de tête équipé d'un filtre à gravier et d'une crépine, d'un injecteur à fertilisant et d'une vanne de réglage. La conduite principale en PEHD est posée au milieu du champ en surface. Sur celle-ci, qui joue aussi le rôle d'adducteur, on installe 54 bornes de $\frac{3}{4}$ in, espacées de 2,2 m. Les conduites latérales connectées aux bornes sont des tuyaux en PEFD de 16 mm posés perpendiculairement à la conduite principale des deux côtés, un par rangée de plantes. Afin d'alimenter des plantes ou surfaces particulières, des goutteurs additionnels séparés sont insérés dans les conduites latérales tous les 50 cm, un par plante.

Caractéristiques des goutteurs

- en dérivation: 4 litres/heure à 1 bar;
- filtration requise de 160 «mesh».

Caractéristiques des conduites latérales

- tuyaux en PEFD de 16 mm, PN 4 bars, longueur 41 m;
- nombre de goutteurs: 81;
- débit total: 324 litres/heure;
- nombre de conduites latérales: 108;
- nombre total de goutteurs: 8 748.

Fonctionnement du système

Le débit requis pour le fonctionnement simultané des conduites latérales est de 35 m³/h. Si une irrigation est effectuée en 3 tours, le débit de l'installation est de 12 m³/h, un débit raisonnable pour une superficie de 1 ha. La durée d'application par tour en pointe pour une dose d'irrigation de 39,5 m³ est de une heure six minutes; une irrigation complète prendra trois heures et six minutes (figures 14.3 et 14.4).

Pression de fonctionnement

La pression requise pour le fonctionnement normal du système doit être conforme aux tableaux suivants (tableaux 14.2 et 14.3).

TABLEAU 14.2 - Pression de fonctionnement du système

Pression de fonctionnement du système	Pression (bars)
Pression requise pour les goutteurs	1.00
Pertes de charge dues au frottement dans les conduites latérales	0.10
Pertes de charge dues au frottement dans les conduites principales	0.43
Pertes de charge dues au frottement dans l'ouvrage de tête	0.90
Pertes de charge mineures	0.22
Charge dynamique totale (pression) du système	2.65

TABLEAU 14.3 - Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système

Pièce n°	Description	Quantité	Prix unitaire \$EU	Prix total \$EU
Réseau de distribution				
1.	Conduites PEHD 63mm, 6 bars	180 m	1,80	324,00
2.	Tuyaux PEFD 16mm, 4 bars	4430 m	0,32	2302,60
3.	Goutteurs 4 l/h, 1 bar	8750 U	0,06	525,00
4.	Adaptateur PP 63 mm x 2 in	1 U	6,00	6,00
5.	Adaptateur PP 16 mm x ¾ in	108 U	0,80	86,40
6.	Coude PP 63 mm	1 U	8,00	8,00
7.	Bouchon PP 63 mm	1 U	6,00	6,00
8.	Collier de prise en charge PP 63 mm x ¾ in	54 U	1,30	70,20
9.	Raccord ¾ in (acier galvanisé ou PVC)	54 U	0,25	13,50
10.	Té ¾ in (acier galvanisé ou PVC)	54 U	0,40	21,60
11.	Vanne sectionnement laiton ¾ in	108 U	2,30	248,60
	Sous-total			3609,70
Ouvrage de tête				
12.	Vanne de contrôle laiton 2 in	1 U	13,00	13,00
13.	Vanne de sectionnement laiton 2 in	2 U	12,00	24,00
14.	Vanne de sectionnement laiton ¾ in	2 U	2,30	4,60
15.	Té 2 in (acier galvanisé ou PVC)	3 U	2,00	6,00
16.	Raccord 2 in	4 U	1,00	4,00
17.	Raccord ¾ in	4 U	0,25	1,00
18.	Purgeur d'air 1 in	1 U	12,00	12,00
19.	Filtre gravier complet 2 in	1 U	600,00	600,00
20.	Filtre à disque 2 in avec jauges, etc.	1 U	180,00	180,00
21.	Injecteur à engrais complet, max. 150 l/h	1 U	500,00	500,00
	Sous-total			1344,00
	COÛT TOTAL			4953,70

FIGURE 14.3 - Exemple de projet d'irrigation par goutte-à-goutte de la pastèque.

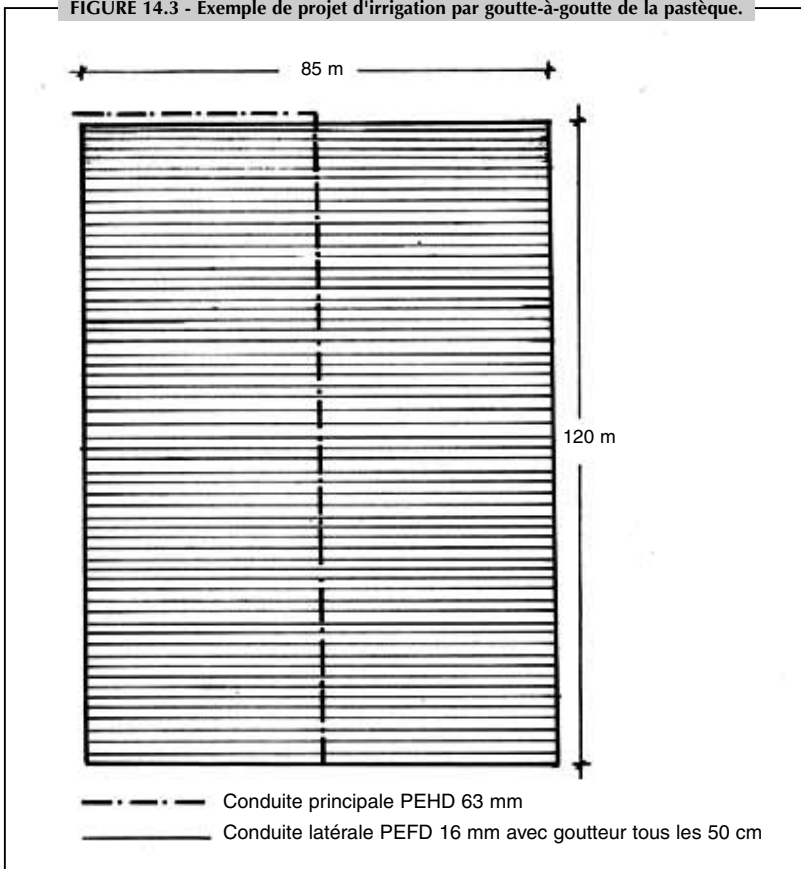
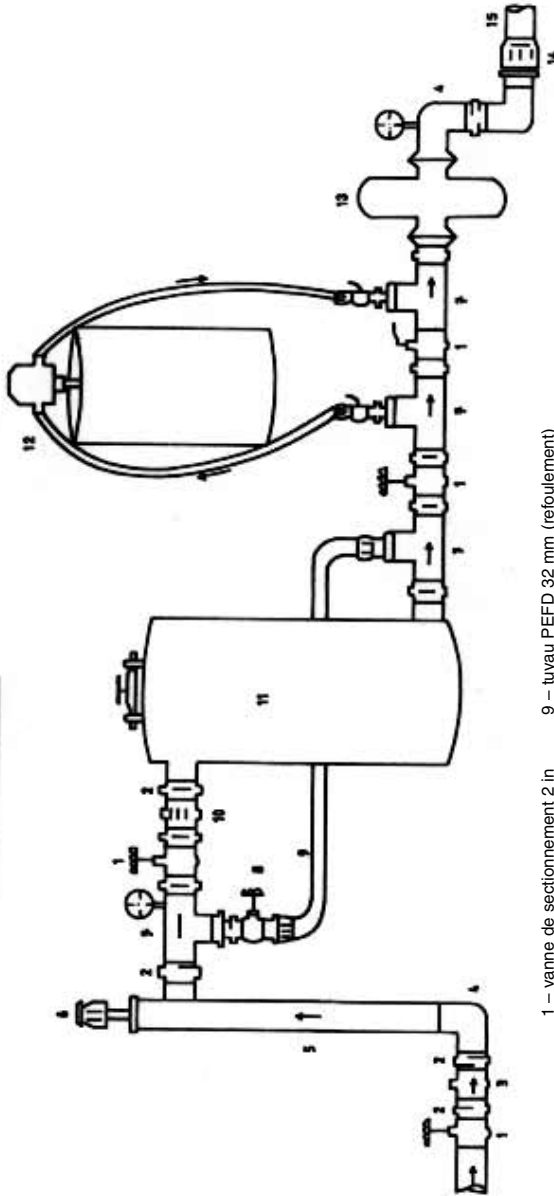


FIGURE 14.4 - Ouvrage de tête dans l'irrigation par goutte-à-goutte.

Ouvrage de tête



- 1 – vanne de sectionnement 2 in
- 2 – raccord fileté 2 in
- 3 – vanne de contrôle 2 in
- 4 – coude fileté 2 in
- 5 – tube fileté 2 in
- 6 – purgeur d'air 1 in
- 7 – té fileté 2 in
- 8 – vanne de sectionnement 1 in

- 9 – tuyau PEFD 32 mm (refoulement)
- 10 – raccord fileté 2 in
- 11 – filtre gravier 2 in
- 12 – injecteur de fertilisant
- 13 – filtre à disque 2 in
- 14 – adaptateur compression PP 2 in x 63 mm
- 15 – conduite principale PEHD 63 mm

CHAPTER 15:

Systemes familiaux peu onereux d'irrigation goutte-à-goutte

INTRODUCTION

L'irrigation goutte-à-goutte est la méthode la plus efficace d'utilisation de l'eau pour la production de cultures. Pourtant des millions de petits fermiers ne sont pas à l'heure actuelle en mesure d'utiliser cette technique en raison:

- a) du montant élevé du capital initial requis pour l'installation du système; et
- b) du niveau de gestion relativement élevé.

Pour remédier à ces deux contraintes critiques dans des zones de pénurie d'eau, plusieurs ONG internationales (International Development Enterprises ou IDE, Direction suisse du développement et de la coopération ou DDC, Department for International Development du Royaume-Uni ou DFID) ont mis au point une série de technologies peu onéreuses ne relevant pas de l'irrigation de surface et présentant les mêmes avantages techniques (économie d'eau, rendement amélioré) que les installations conventionnelles. Le but était de permettre aux petits fermiers pauvres d'utiliser efficacement des quantités d'eau marginales et de cultiver des jardins familiaux et d'autres terrains pour la production d'aliments nécessaires à leur famille et à une petite activité commerciale.

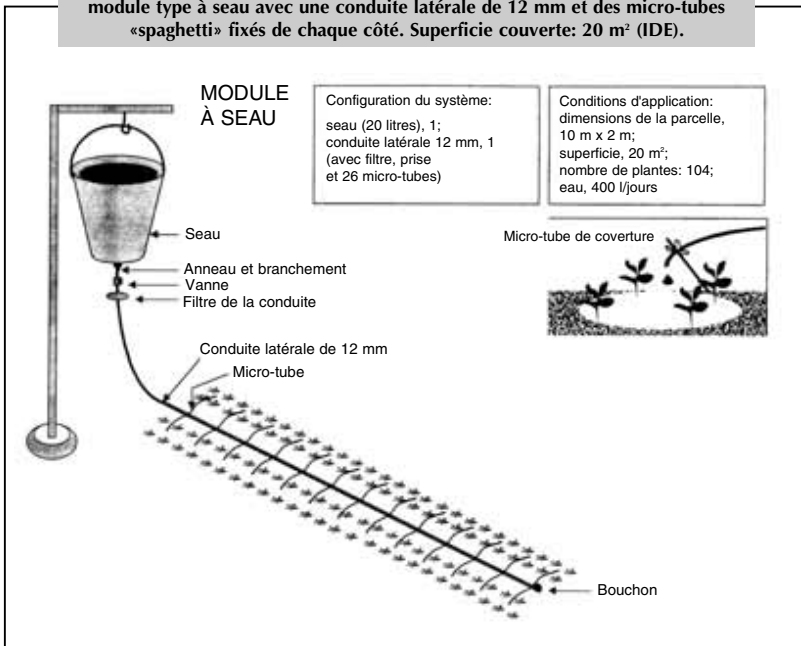
TECHNOLOGIES ABORDABLES DE MICRO-IRRIGATION

Les diverses nouvelles techniques encouragées, nommées technologies abordables de micro-irrigation, sont essentiellement le goutte-à-goutte simplifié et d'autres techniques de micro-irrigation pour de petites superficies de 100 à 500 m². La plupart d'entre elles (voir configuration des systèmes) – la ligne de goutteurs déplaçable, l'irrigation par pots filtrants en céramique, les micro-tubes «spaghetti», l'ensemble seau/poulie, le tuyau en PE avec trous perforés à intervalles fréquents et les goutteurs à sorties multiples – ont été expérimentées dans beaucoup de pays il y a déjà longtemps. Toutes ces techniques visent à la minimisation du coût d'investissement initial, au prix d'une main-d'oeuvre disponible à bon marché. Ce concept est très prometteur et peut contribuer d'une manière significative à la réduction de la pauvreté dans beaucoup de régions de la planète.

Bien des efforts ont été consentis depuis le début des années 90 pour promouvoir l'application de ces systèmes dans les régions pauvres du continent indien et en Afrique sub-saharienne. Des essais de terrain et des

projets de recherche ont été réalisés pour répondre aux questions essentielles de la pertinence et de la profitabilité de ces techniques sur une base commerciale durable pour les millions de petits fermiers pauvres du monde. Nonobstant les efforts déployés et les dons et subventions alloués, les systèmes sur mesure de technologies abordables de micro-irrigation n'ont pas suscité d'intérêts sérieux chez les agriculteurs. Il convient de souligner que les agences de vulgarisation gouvernementales n'ont pas été impliquées dans des actions de transfert de technologie (figure 15.1).

FIGURE 15.1 - Configuration d'une technologie abordable de micro-irrigation par module type à seau avec une conduite latérale de 12 mm et des micro-tubes «spaghetti» fixés de chaque côté. Superficie couverte: 20 m² (IDE).



D'autres configurations de technologies abordables de micro-irrigation sont proposées à la fin de ce chapitre.

Néanmoins, les systèmes de technologies abordables de micro-irrigation ont attiré l'attention des entreprises commerciales d'équipement d'irrigation en goutte-à-goutte. Un fabricant leader dans le domaine de l'irrigation moderne a développé le système familial d'irrigation goutte-à-goutte. Il s'agit d'un système à tambour amélioré. D'autres grandes compagnies ont aussi inclus ce système dans leur catalogue de produits sous diverses dénominations (ex.: «Easy Drip», etc).

LE SYSTÈME FAMILIAL D'IRRIGATION GOUTTE-À-GOUTTE

C'est une unité d'irrigation goutte-à-goutte complète, qui fonctionne par gravité à partir d'un réservoir placé à 1–1,5 m de hauteur. Il s'agit d'une méthode localisée constituée d'un système gravitaire de conduites sous pression, qui permet une installation saisonnière fixe pour cultiver des légumes, des fleurs, et d'autres cultures horticoles sur un terrain plat ou en faible pente. Il ne nécessite pas forcément de source extérieure d'énergie pour un fonctionnement normal. Le débit du système est de l'ordre de 1 m³/h. Développé spécialement pour l'exploitation familiale comme unité de production autonome, ce système est habituellement implanté sur des superficies de 500 à 1 000 m². Il est idéal en milieu rural, dans les zones de pénurie où l'eau disponible est limitée et pour une production agricole à petite échelle. Il peut être installé dans les serres et les tunnels bas, à ciel ouvert et à l'arrière des maisons villageoises.

Qu'y a-t-il de nouveau dans le système familial d'irrigation goutte-à-goutte?

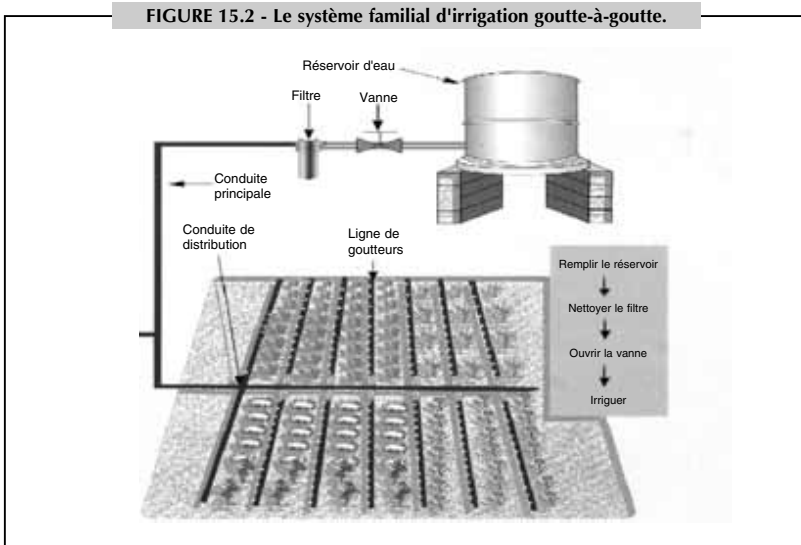
- La pression dans le système est très basse (0,1 à 0,2 bar). Pas d'énergie extérieure requise (électricité ou autre).
- L'ouvrage de tête du système est très simple et peu coûteux. Il est constitué seulement d'une vanne de sectionnement (contrôle) et d'un petit écran filtrant ou d'un filtre à disque.
- La gestion du système est très facile. Aucune compétence et/ou expertise ne sont requises.

TRAME ET COMPOSANTES DU SYSTÈME

La trame du système est presque similaire à celle de tous les systèmes d'irrigation sous pression. Un module familial complet de goutte-à-goutte se compose des quatre composantes suivantes: un réservoir d'alimentation en eau, un ouvrage de tête simple, des conduites de distribution d'eau et les lignes d'irrigation à goutteurs. Toutes les composantes du système familial d'irrigation sont fournies sous la forme d'un seul module complet. Mais dans de nombreux cas les fermiers fournissent leur propre réservoir, ce qui contribue à réduire l'investissement initial (figure 15.2). La description suivante porte sur un module familial standard de système familial d'irrigation goutte-à-goutte convenant pour une superficie d'environ 500 m².

Le réservoir d'eau

La capacité idéale du réservoir est de 300 à 3 000 l. Ce peut être un (deux ou plus) réservoir en plastique, un tonneau métallique, un bac en béton fabriqué par le fermier ou tout autre bassin adapté. Il est toujours placé de 1 à



1,5 m au-dessus du niveau du sol, de façon à fournir suffisamment de pression gravitaire. Le remplissage du réservoir dépend des conditions locales et peut être assuré par un seau, une pompe à main ou à pédales, ou une petite pompe diesel. La source d'eau peut être un canal, des fossés, des puits de surface, des rivières ou des forages. Le réservoir est toujours couvert pour protéger l'eau contre les impuretés et l'ensoleillement et prévenir le développement des algues. Il dispose d'une vanne de vidange au fond permettant des purges fréquentes et le nettoyage des particules solides en suspension. Une prise fileté mâle de 1 pouce en plastique est encastrée dans la paroi à au moins 5 cm au-dessus du fond. Cet accessoire doit être inclus dans les pièces du système, avec le réservoir ou séparément (figure 15.3).

L'ouvrage de tête

L'ouvrage de tête comprend une vanne de sectionnement/contrôle de 1 pouce en plastique (robinet-vanne ou vanne à boisseau sphérique) ainsi qu'un filtre de conduite en PP de 120 «mesh», à tamis ou à disque. La vanne est connectée directement à la prise sur le réservoir, à l'amont du filtre.

Les conduites d'eau

Les conduites de distribution sont des tuyaux de 20, 25, ou 32 mm de diamètre en PE noir, PN 2,5 bars, longues de 50 à 75 m selon la dimension et/ou la forme de la parcelle. Elles servent de conduites

principales et latérales et sont posées sur le bord de la parcelle. Les rares raccords sont en PP à compression. De petits raccords en plastique (adaptateurs) à embout cannelé sont insérés dans les conduites latérales selon un espacement correspondant à l'écartement des rangs de culture pour alimenter les lignes de goutteurs.

Les lignes de goutteurs

Ce sont des tubes de 8 ou 12 mm de diamètre intégrant les goutteurs, faites d'un mélange de PE à basse densité linéaire conforme à la norme ISO 9260/61, avec des épaisseurs de parois de 0,6 à 0,9 mm (24 - 35 mil). Les distributeurs goutte-à-goutte intégrés sont du type à labyrinthe avec de larges passages d'eau et des filtres de protection pour éviter le colmatage.

FIGURE 15.3 - Réservoir fabriqué localement pour un système familial d'irrigation goutte-à-goutte.



Ils sont normalement espacés de 30 cm. Selon leur type, le débit de chaque goutteur varie entre 0,5 à 0,7 l/h pour une charge de 1 m, et de 0,65 à 0,95 l/h pour une charge de 2 m. Sur terrain relativement uniforme, la longueur moyenne recommandée de la ligne de goutteurs pour une charge de 1 m est de 12 à 15 m pour un diamètre de 8 mm, et de 25 à 30 m pour le diamètre de 12 mm. Les lignes sont posées le long des rangs de culture et connectées aux conduites latérales par simple pression. La longueur totale des lignes de goutteurs pour un terrain de 500 m² est d'environ 500 m.

Très souvent l'utilisation d'une petite pompe est essentielle lorsqu'un certain nombre de fermiers voisins ont des droits d'usage de l'eau sur un même puits. Dans un tel cas, il est recommandé que chaque fermier dispose d'un réservoir de plus grande dimension.

PROGRAMMATION DE L'IRRIGATION

Besoins en eau d'irrigation

L'une des difficultés pratiques du concept des technologies abordables de micro-irrigation est la définition de la quantité d'eau à appliquer et du meilleur moment pour l'appliquer. Les besoins totaux d'eau d'irrigation d'une certaine culture sont toujours les mêmes et dépendent des conditions climatiques, de la saison de croissance et de la méthode d'application de l'eau. Ils peuvent être calculés selon la méthode de la FAO. Les importantes économies en eau permises par la micro-irrigation, et en particulier le goutte-à-goutte, sont essentiellement dues aux efficacités élevées d'application de ces techniques. Les besoins en eau totaux de la plupart des cultures annuelles de plein champ (légumes et melons) varient de 300 à 650 mm, principalement en fonction de la longueur de la période de croissance et de son occurrence au cours de la saison.

Nombre et fréquence des irrigations

Dans le calcul des besoins en eau, le facteur superficie est remplacé par le nombre de plants. La superficie couverte est égale au nombre de plantes multiplié par l'espacement des plants. Comme dans le goutte-à-goutte traditionnel, dans les systèmes familiaux d'irrigation goutte-à-goutte, la surface irriguée et le volume de sol sont partiellement humectés et la disponibilité en eau du sol est restreinte. Ainsi, de fréquentes petites irrigations sont requises dans toutes les cultures saisonnières aussi bien que pérennes. Ceci doit toujours être expliqué aux fermiers utilisant les techniques de micro-irrigation, et en particulier de goutte-à-goutte.

Le nombre minimum d'irrigations par saison pour les légumes peut varier de 40 pour les pastèques à 75 pour les tomates selon la culture et la

longueur de la période de croissance. Cette dernière varie de 75 jours (haricot frais, oignon vert, courge) à 170 jours pour les tomates. L'arrosage des légumineuses peut nécessiter jusqu'à 120 irrigations. La fréquence normale d'irrigation peut varier de 1 à 3 jours avec une dose moyenne d'irrigation de 0,5 à 1 l/jour par plante durant la première phase de croissance. Durant la formation de la production, la dose augmente pour atteindre 1 à 2 litres par jour et par plante. Plus tard dans la saison, les besoins augmenteront à 3 à 6 l/jour par plante et en fin de saison, on atteindra quelquefois 5 à 7 l/jour par plante. Des applications journalières sont requises. Durant le stade des récoltes les besoins diminuent de 10 à 20 pour cent (les exigences maximales sont pour les pastèques). Les programmes d'irrigation pour les diverses cultures seront définis sur place.

CRITÈRES ET CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION

Superficie, dimensions et forme

La superficie à arroser peut être n'importe quelle terre agricole, plantée de cultures en rangs de faible longueur (12 à 24 m) et située en zone rurale de plaine ou de montagne. La dimension du terrain peut varier de 250 à 1 000 m². Les systèmes familiaux standard sont conçus pour une superficie de 500 m²; toutefois, des champs plus ou moins grands peuvent être irrigués, selon les espacements des rangs de culture. Les parcelles devraient être de forme normale, rectangulaire ou carrée.

Topographie et type de sol

Ces systèmes d'irrigation fonctionnent à très basses pressions, donc des terrains quasi horizontaux ou avec des pentes uniformes < 0,5 pour cent sont recommandés. Le sol peut être de n'importe quelle texture, de préférence moyenne et/ou fine, avec un taux d'infiltration < 20 mm/h. Des sols sableux très légers avec une perméabilité élevée ne sont pas recommandés.

Disponibilité en eau

La source d'eau peut être un puits peu profond creusé à la main, un bassin, un petit cours d'eau saisonnier, un étang, ou des fossés, ou d'autres sources pouvant alimenter régulièrement le réservoir d'eau du système. Des pompes à main ou à pédales et des petits groupes de pompes diesel sont souvent utilisés à cette fin. Le débit prévu pour le système familial d'irrigation goutte-à-goutte proposé est de l'ordre de 1,1 m³/h sous une charge de 1,5 m.

Qualité de l'eau

L'eau doit être aussi propre que possible, bien que le système dispose d'un équipement complet de filtration. Chimiquement, l'eau doit avoir un pH normal de 6,5 à 8,4, avec une salinité basse à moyenne, un faible risque de sodium et de problèmes de toxicité causés par les bicarbonates, nitrates et le bore. La quantité totale de matière dissoute doit être comprise entre 500 et 2 000 mg/l (ppm), le taux d'adsorption du sodium doit être inférieur à 12 et le carbonate de sodium résiduel à 1,25 meq/l. La plupart des légumes saisonniers et les melons sont relativement tolérants à une teneur en bore de 1,5 à 2 mg/l. Mais les fraises et les haricots sont sensibles, donc le contenu en bore pour ces cultures ne doit pas excéder 0,7 mg/l et la salinité totale ne doit pas dépasser 1,5 dS/m (1 000 mg/l).

Catégories de cultures

Toutes les données sur les cultures de plein champ qui peuvent être cultivées sous goutte-à-goutte, dans une certaine zone, soit la saison de croissance en hiver et en été, l'espacement de plantation, etc., sont connues des agronomes et des fermiers de la région. Le tableau «Données utiles sur les cultures saisonnières courantes» est très important pour les projets de systèmes familiaux d'irrigation goutte-à-goutte et de technologies

FIGURE 15.4 - Lignes de goutteurs d'un système familial d'irrigation en Chine.



abordables de micro-irrigation. Les agronomes et fermiers locaux peuvent fournir des données pour chaque culture de plein champ (figure 15.4).

Spécifications particulières

Durée de l'application d'irrigation

Dans tous les systèmes de micro-irrigation, le dosage d'irrigation est appliqué simultanément à une superficie plus grande, mais à des taux plus faibles par unité de surface (plante) en comparaison avec les autres techniques et méthodes d'irrigation. Dans le système familial d'irrigation, le débit des goutteurs est très faible, autour de 0,65 l/h. Au dernier stade de croissance de la culture, bien des plantes requièrent jusqu'à 7–8 l/jour, donc la durée d'irrigation doit être d'au moins 5 heures pour un terrain de 1 000 m². La durée d'application de l'irrigation est liée directement au débit du système, à la capacité du réservoir, au nombre de remplissages et à la disponibilité en eau. Par exemple pour un réservoir de 200 litres de capacité avec un débit d'application de 1,1 m³/h pour une application quotidienne de 2 750 l d'eau sur 500 m² de terrain cultivé, la durée d'application serait de 2,5 heures et le nombre de remplissages du réservoir serait d'environ 14. Ce facteur doit être sérieusement considéré dans la conception et la programmation. Des applications d'eau partielles (irrigation discontinue) sont recommandées dans les périodes de demande élevées.

Installation du système familial d'irrigation goutte-à-goutte

L'assemblage des divers composants et raccords doit être réalisé correctement à l'installation de façon à éviter toute fuite. Les pertes d'eau peuvent sérieusement perturber les performances du système. De minces rubans de téflon sont utilisés pour tous les raccords filetés. Dans les systèmes familiaux d'irrigation, comme dans tous les systèmes sous pression, il faut rincer le système après l'installation. On rince en premier les conduites, puis les lignes de goutteurs sont reliées aux raccords de tête et la vanne de tête est ouverte à nouveau. Lorsque les lignes de goutteurs sont également rincées, le système est prêt à fonctionner.

COÛTS

L'investissement initial pour un système familial de conduites goutte-à-goutte (sans le réservoir) est de 100 à 120 \$EU pour une parcelle d'environ 500 m². Le prix d'un réservoir en plastique d'une capacité de 300 à 500 litres est presque équivalent. Dans les cas fréquents où les fermiers construisent eux-même leurs réservoirs, le coût est bien inférieur. Deux systèmes coûtant 200 à 240 \$EU peuvent couvrir une surface de 1 000 m². En cas de besoin une petite pompe d'alimentation peut servir à plusieurs fermiers, le coût supplémentaire étant divisé par le nombre d'utilisateurs (tableau 15.1).

TABLEAU 15.1 - Données utiles sur les cultures saisonnières à ciel ouvert courantes (valeurs approximatives)

Culture	Plantation (transplant.)	Période de croissance (jours)	Récolte	Espace entre plantes (cm)		Nombre de plants par 100 m ²	Nombre minimum d'irrigations
				Le long du rang	Entre rangs		
Haricot (sur espalier ou non)	fév.–mars & août	75–90	mai–nov.	15–22 (5–10)	90 (45–60)	500–700 2 800	60
Chou	août–avril	120–140	toute l'année	30–45	45–75	300–700	20
Céleri	mai–oct.		août–mai	25–30	30–45		25
Concombre	mars–mai août–sep.	105–130	mai–août oct.–nov.	30–50	130–160	120–240	55
Aubergine	avril–mai	125–140	juin–déc.	60–75	90	150	65
Laitue	sep.–mai	70–90	toute l'année	15–30	30–45	750–2 200	20
Oignon vert	sep.–fév.	70	nov.–mai	5	15		15
Poivron	avril–mai	120–180	juil.–nov.	45–60	75	200–300	60
Courge	mars–sep.	90–120	mai–nov.	60	120–140	100–140	50
Tomate (espalier)	mars–sep.	135–190	juin–déc.	45–60	90–150	180–250	65
Tomate (sur champ)	mars–sep.	135–180	juin–déc.	60–75	150	100	65
Pastèques	mars–mai	90–120	juin–sep.	50–75	180–240	60–90	50

Remarque:

Les saisons et périodes de croissance des légumes et cultures annuelles de plein champ varient en fonction des conditions climatiques. En général la période de croissance de la plupart des cultures saisonnières varie entre 90 et 170 jours. Les valeurs indicatives ci-dessus couvrent la plupart des régions arides et semi-arides de l'hémisphère nord.

Ce coût est considérablement inférieur, pour une couverture identique, au coût d'un système conventionnel d'irrigation goutte-à-goutte à gestion sophistiquée. Dans les systèmes conventionnels, l'ouvrage de tête représente de 30 à 45 pour cent du coût initial, alors que dans le système familial cet investissement n'existe pas, la tête de commande se limitant à une vanne de 1 pouce et un filtre du même diamètre. Eu égard à ce faible coût total, le système familial peut être classé dans les systèmes d'irrigation peu onéreux.

AVANTAGES

Le système est peu coûteux, facile à installer et à faire fonctionner, et présente tous les avantages du goutte-à-goutte, lorsqu'il est correctement

utilisé et entretenu. L'engrais peut être injecté dans le système en diluant l'engrais soluble dans le réservoir en tête du système. Les dépenses d'entretien et le coût total de l'irrigation sont considérablement réduits.

Il n'y a aucune dépense d'énergie. La pression requise pour le fonctionnement est très faible (1 à 2 m de charge d'eau) comme dans les systèmes gravitaires. Dans les systèmes conventionnels de goutte-à-goutte la pression initiale à l'ouvrage de tête est de 3 à 3,5 bars.

INCONVÉNIENTS

Un manque possible de formation et de connaissances des fermiers sur les aspects agronomiques peut avoir un impact négatif. Dans certains cas la simplicité du système peut se révéler être un facteur négatif car les fermiers illettrés de bien des pays n'entretiennent pas les lignes de goutteurs, ce qui peut réduire la durée de vie des systèmes à une ou deux saisons seulement.

EXEMPLE DE PROJET – SYSTÈME FAMILIAL GOUTTE-À-GOUTTE POUR LA CULTURE DES TOMATES (SUR ESPALIER)

Superficie et cultures

La parcelle, qui mesure 20 x 25 m (500 m²), est plantée de tomates cultivées à ciel ouvert, en rangs espacés de 1,50 m. Les tomates sont espacées de 0,60 m le long des rangs. La parcelle est divisée en deux parties, chacune ayant 13 rangs de 12,5 m de long avec 21 plants par rang. Il y a donc 273 plants dans chaque partie, c'est à dire 546 en tout, sur 26 rangs. La plantation est planifiée fin juillet – début août et la période de croissance s'étendra sur 140 jours soit approximativement jusqu'au début de l'année suivante. L'irrigation est arrêtée à la fin novembre, mais la récolte se poursuit jusqu'en février.

Sol et eau

Sol de texture moyenne avec perméabilité autour de 12 mm/h et capacité de rétention de l'humidité relativement bonne. La source d'eau est un puits peu profond creusé à la main équipé d'une petite unité de pompage; l'eau est de bonne qualité avec peu d'impuretés. Le remplissage du réservoir se fait directement à partir du puits avec un tuyau en PE.

Besoins en eau et programme d'irrigation

Les besoins totaux en eau des tomates atteignent près de 650 mm. Le calcul est réalisé selon la méthode FAO. Le programme d'irrigation du système n'est pas défini à partir d'un tarissement fixe de l'humidité disponible du sol mais à des intervalles fixes d'une, deux ou trois journées. Ainsi, l'irrigation est pratiquée fréquemment et la dose varie en fonction du stade de croissance de la culture. Enfin, au stade ultime de la récolte, l'irrigation dépend de la pluie efficace et aussi du prix de la tomate sur le marché.

Dans cet exemple de projet, la culture est plantée au milieu de l'été, à l'ETo maximale. C'est un cas extrême, bien qu'assez fréquent en pratique. Comme mentionné ci-dessus: *«la fréquence normale d'irrigation peut varier de 2 à 5 jours avec une dose moyenne d'irrigation de 0,5 à 1 l/ jour par plante durant la première phase de croissance. Durant la formation de la production, la dose augmente pour atteindre 1 à 2 litres par jour et par plante. Plus tard dans la saison, les besoins augmenteront à 3 à 6 l/jour/plante et en fin de saison, on atteindra quelquefois 5 à 7l/jour/plante. Des applications journalières sont requises.»*

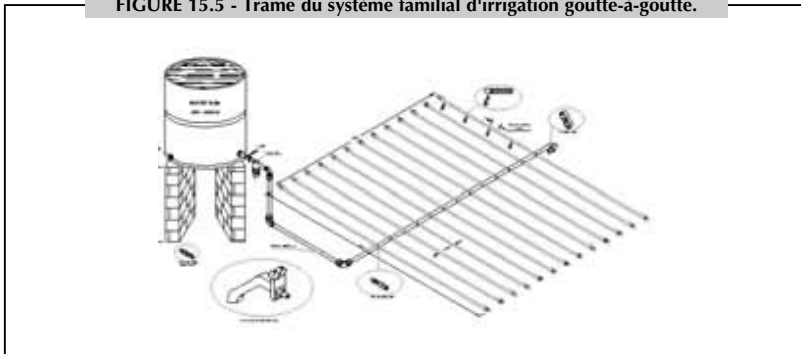
Dans cet exemple, la demande en eau est très élevée dans les premiers stades de croissance de la culture, bien que la couverture du sol par la culture, limitée au début, augmente lorsque la plante atteint les stades de milieu et de fin de saison. Durant le développement de la culture et les stades de milieu de saison, le coefficient kc est de 1 alors qu'il atteint 0,45 à 0,75 dans les stades initiaux. L'efficacité d'application du système est de 90 pour cent. Dans cet exemple le programme d'irrigation suivant peut être utilisé comme guide (tableaux 15.2 et figure 15.5):

TABLEAU 15.2 - Programme d'irrigation de l'exemple de projet

Période de croissance (stades)	Demande d'irrigation (mm)	Intervalle (jours)	Dose (litres/plant)	Dose d'irrigation (m ²)	Nombre d'irrigations	Quantité totale d'eau appliquée (m ³) pour 500 m ²	
30 juil.-15 août	90	1	5,5	3	15	45	
16 août.-10 sep.	155	1	5,5	3	25	75	
11 sep.-10 oct.	155	2	9	5,17	15	76	
11 oct.-15 déc.	210	3	8	4,77	22	104	
16 déc.-15 jan.	50	Pluie efficace équivalente à l'ETc					25
TOTAL	660	-	-	-	77	326	

Remarque: les besoins quotidiens en eau par plant au début de la saison sont très élevés en raison de la valeur de pointe de l'ETo en août.

FIGURE 15.5 - Trame du système familial d'irrigation goutte-à-goutte.



Trame du système (description et caractéristiques) et performances

- superficie arrosée: 0,5 ha (en moyenne) (dimensions de la parcelle: 25 x 20 m);
- type de système: irrigation goutte-à-goutte à basse pression, système fixe à positions saisonnières;
- trame du système: la conduite en PEFD de 25 mm traverse la parcelle le long du côté de 20 m avec les lignes de goutteurs, une par rang de plants, connectées de chaque côté et perpendiculairement à la conduite;
- composants du système: a) réservoir d'eau (200 l); b) vanne de contrôle de 1 in; c) filtre 1 in; d) conduite principale en PEFD de 25 mm; e) lignes de goutteurs, diamètre 8 mm;
- débit du système: 1 100 l/h, avec une pression (charge) d'environ 1,5 m;
- nombre de lignes de goutteurs: 40;
- longueur des lignes de goutteurs: 12 m;
- longueur totale des lignes de goutteurs: 480 m;
- débit des goutteurs: 0,5-0,65 l/h pour une charge de 1 m et 0,65-0,80 l/h pour une charge de 2 m;
- espacement des goutteurs sur la ligne: 30 cm;
- espacement des lignes: 1,5 m;
- nombre total de goutteurs: 1 600;
- surface entière irriguée simultanément;
- nombre de tours pour terminer une irrigation: 1.

La surface irriguée dépend du type de culture et plus particulièrement de l'espacement entre plants. Il existe plusieurs trames de système selon la dimension et la forme du champ. Un espacement réduit des goutteurs sur la ligne permet d'humidifier une bande continue le long des rangs de plants, comme dans l'irrigation par sillon.

Caractéristiques hydrauliques du système

La pression requise pour le fonctionnement normal de la ligne de goutteurs est de 1 à 1,5 m de charge d'eau. La perte de charge due au frottement dans la conduite en PEFD de 25 mm débitant 1,1 m³/h est d'environ 6 pour cent pour la conduite sans prise, et 2,25 pour cent lorsque l'eau est distribuée en route. Par conséquent le tracé du réseau et particulièrement de la conduite principale ne doit provoquer qu'une perte de charge minimale; d'où une implantation recommandée du réservoir au milieu de la parcelle, ou à proximité. Quelquefois les fermiers disposent le réservoir plus haut pour compenser ces pertes (tableau 15.3).

TABLEAU 15.3 - Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système (système familial peu onéreux d'irrigation goutte-à-goutte)

n°	Description	Quantité	Coût
1.	Conduite PEFD 25 mm	45 m	
2.	Coude PP raccord rapide 25 mm x 1 in (femelle)	1 U	
3.	Coude PP raccord rapide 25 mm	1 U	
4.	Connecteur PP 8 mm embout cannelé	45 U	
5.	Connecteur PP 8 mm embout cannelé aveugle	10 U	
6.	Vanne de sectionnement en plastique 1 in (F)	1 U	
7.	Filtre écran en plastique 1 in (M) 120 "mesh"	1 U	
8.	Raccord de sortie en plastique 1 in (M)	1 U	
9.	Ligne de goutteurs PEFD 8 mm avec goutteurs incorporés chaque 30 cm	500 m	
	TOTAL COST		100 \$EU

Remarque: le coût du réservoir n'est pas inclus.

DIVERSES CONFIGURATIONS DE SYSTÈMES DE TECHNOLOGIES ABORDABLES DE MICRO-IRRIGATION (SELON L'IDE)

FIGURE 15.6 - Module à tambour utilisant une conduite secondaire de 16 mm, avec cinq conduites latérales de 12 mm et des micro-tubes « spaghetti » sur une superficie de 120 m²

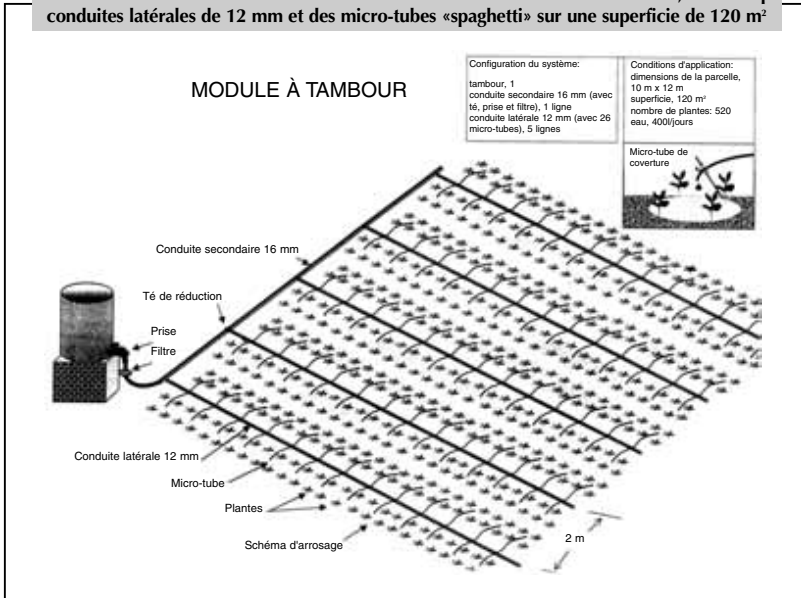


FIGURE 15.7 - Système de technologie abordable de micro-irrigation avec des lignes de goutteurs utilisant des trous de diamètre standard comme goutteurs, couverts avec des feuilles de plastique pour contrôler le débit distribué.

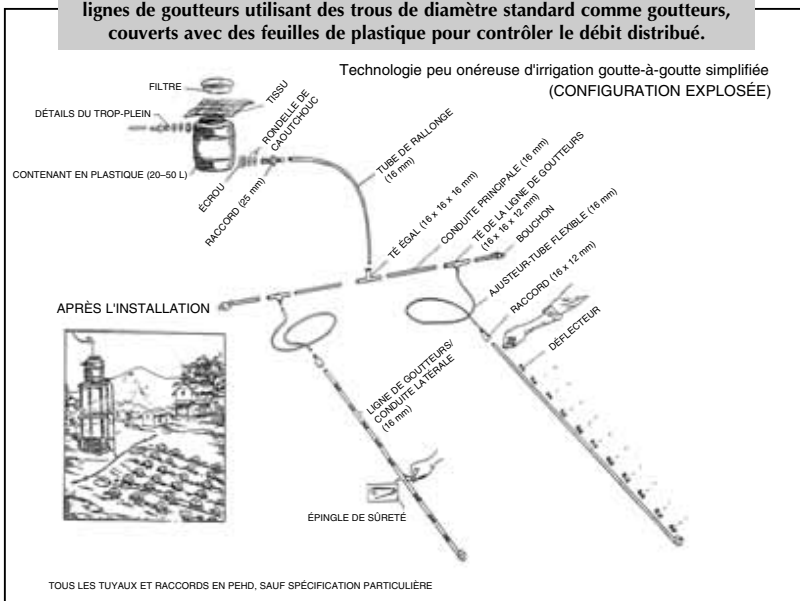


FIGURE 15.8 - Module de micro-aspersion pour 250 m².

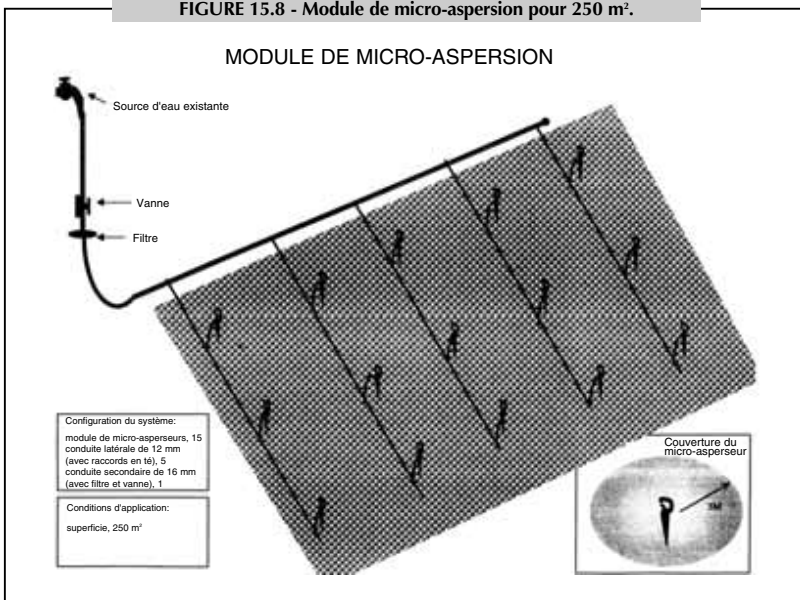


FIGURE 15.9 - Système de lignes de goutteurs déplaçables.

PLAN TYPE DE TRAME DE SYSTÈME PEU ONÉREUX D'IRRIGATION GOUTTE-À-GOUTTE

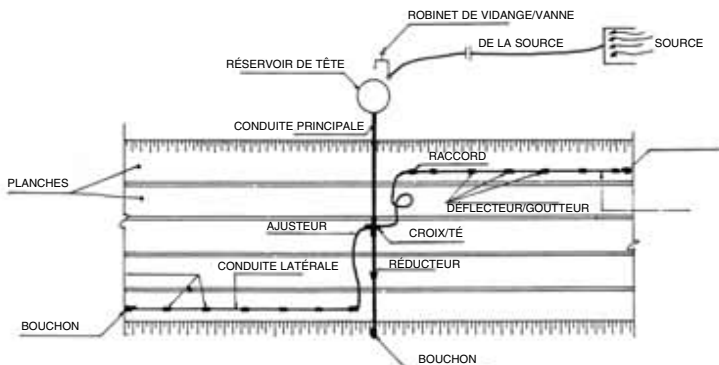
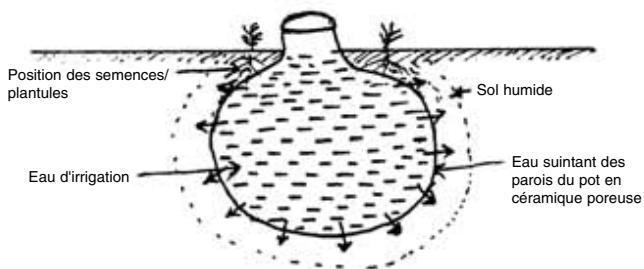


FIGURE 15.10 - Irrigation par pots en céramique poreuse.





CHAPITRE 16: L'irrigation fertilisante

INTRODUCTION

En micro-irrigation les engrais peuvent être appliqués par l'intermédiaire du système avec l'eau d'irrigation et directement dans la zone où la majorité des racines se développe. Le processus, nommé irrigation fertilisante (parfois fertigation, en traduction directe de l'anglais), se fait à l'aide d'appareils spéciaux de fertilisation, les injecteurs, installés au niveau de l'ouvrage de tête du système, avant le filtre. L'élément le plus communément appliqué est l'azote; toutefois, l'application de phosphore et de potassium est courante pour les légumes. L'irrigation fertilisante est une nécessité en irrigation goutte-à-goutte, alors qu'elle n'est pas indispensable dans les autres systèmes de micro-irrigation, bien qu'elle soit fortement recommandée et facilement réalisée.

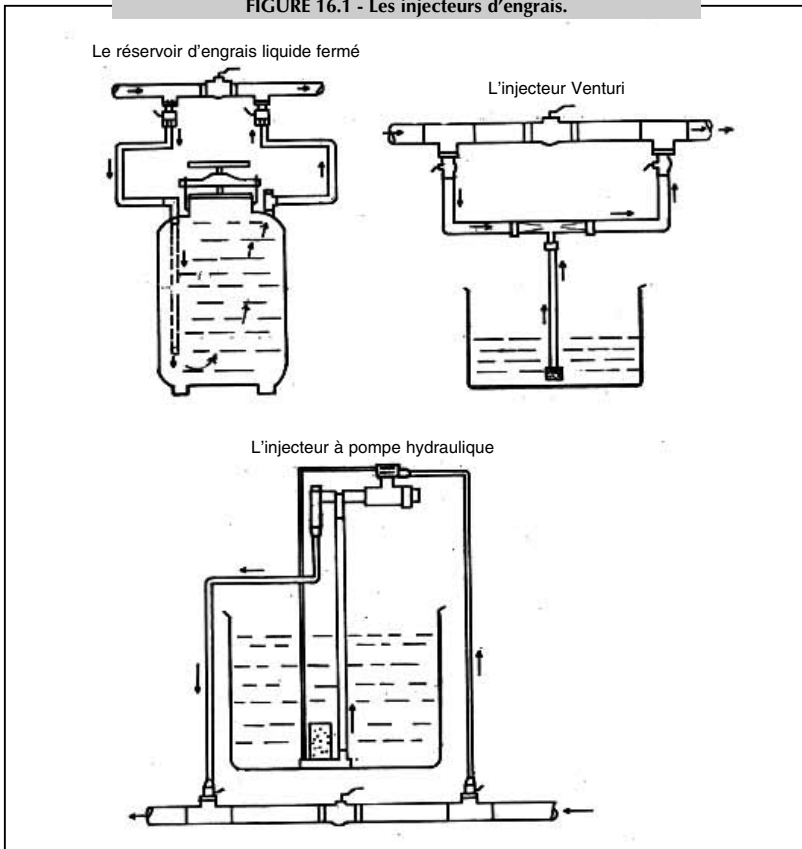
LES INJECTEURS D'ENGRAIS

Plusieurs techniques ont été mises au point pour appliquer les engrais par l'intermédiaire des systèmes d'irrigation et plusieurs types d'injecteurs sont disponibles sur le marché. Il existe deux méthodes principales: le réservoir fermé ordinaire et la pompe à injection, tous deux actionnés par la pression hydraulique dans l'installation. Les pompes à injection sont essentiellement des pompes de type Venturi ou à piston. Les réservoirs fermés sont toujours installés en dérivation, alors que les pompes à piston peuvent être installées soit en ligne, soit en dérivation.

- 1 **Réservoir d'engrais liquide (fermé).** Ce réservoir cylindrique pressurisé en métal revêtu de résine époxy, résistant à la pression du système, est connecté par une dérivation à la conduite d'alimentation de l'ouvrage de tête. Il est réglé par la pression différentielle créée par une vanne partiellement fermée, placée sur la conduite entre l'entrée et la sortie du réservoir. Une partie du débit est dirigée vers la conduite d'entrée du réservoir, où il se mélange avec la solution de fertilisants, puis la dilution est injectée dans le système. Le taux de dilution ainsi que le taux d'injection ne sont pas constants. La concentration d'engrais est élevée au début et devient très basse en fin d'opération. Toutefois cet appareil est encore en service à très petite échelle dans certains pays en raison de son faible coût et de sa fabrication aisée (figure 16.1).

- 2 **Injecteur Venturi.** Ce dispositif est basé sur le principe du tube de Venturi. Une différence de pression est nécessaire entre l'entrée et la sortie de l'injecteur. Par conséquent, il est installé sur une dérivation placée sur une cuve ouverte contenant la solution de fertilisant. Le taux d'injection est très sensible aux variations de pression et de petits régulateurs de pression sont parfois requis pour une injection constante. Les pertes de charge dues à la friction sont d'environ 1 bar. Les injecteurs sont en plastique de dimension $\frac{3}{4}$ à 2 pouces et avec des taux d'injection de 40 à 2 000 litres par heure. Ils sont relativement bon marché, comparés à d'autres injecteurs.
- 3 **Pompe à piston.** Ce type d'injecteur est activé par la pression de l'eau dans le système et peut être directement installé en ligne, et non sur une dérivation. L'écoulement dans le système active les pistons et

FIGURE 16.1 - Les injecteurs d'engrais.



L'injecteur fonctionne en injectant la solution d'engrais stockée dans une cuve, tout en maintenant un taux d'injection constant. Le taux varie de 9 à 2 500 litres à l'heure selon la pression dans le système et peut être réglé par de petits régulateurs. Constitués de matière plastique résistante et durable, ces injecteurs sont disponibles en divers modèles et dimensions. Ils sont plus chers que les injecteurs Venturi.

APPLICATION DES ENGRAIS

La solution d'engrais sous forme liquide est injectée dans le système en quantité limitée mais de manière répétée et en continu pendant l'irrigation. Le débit de l'injecteur doit être réglé de manière à ce que la quantité calculée de la solution soit alimentée à taux constant durant tout le cycle d'irrigation, c'est-à-dire en commençant la fertilisation au début de l'irrigation et en la finissant quelques minutes avant la fin. En ce qui concerne le choix des engrais, en plus de la sélection des quantités et du type, d'autres paramètres doivent être considérés tels que leur solubilité, acidité, compatibilité et coût.

Solubilité

Le stock de solution d'engrais doit toujours être dissout dans un contenant séparé, puis versé dans le réservoir d'amorçage (figure 16.2). Les types d'engrais doivent être très solubles et ne doivent pas former d'écume ni de sédiments susceptibles de causer des problèmes de colmatage des distributeurs lorsqu'ils sont dissouts dans l'eau. La solution doit toujours être agitée et bien brassée et il faut retirer régulièrement les boues déposées au fond du réservoir. Le tuyau d'aspiration de l'injecteur ne doit pas reposer sur le fond du réservoir. L'eau chaude peut aider à dissoudre l'engrais desséché. Le degré de solubilité des engrais varie en fonction du type et du pays d'origine. Le nitrate de potassium (13-0-46) semble avoir une faible solubilité d'environ 1:8 (1 kg d'engrais sec dans 8 litres d'eau). La solubilité du chlorure de potassium (0-0-62) est de 1:3, tandis que celle du nitrate d'ammonium (34-0-0) et du nitrate de calcium (15,5-0-0) est d'environ 1:1. Les engrais secs phosphoreux ont une plus faible solubilité que les nitrates, soit environ 1: 2,5.

Acidité

L'acidité produite par diverses formes d'azote varie selon le type et dépend aussi beaucoup du type d'eau d'irrigation et de la catégorie de sols. Il faut au minimum réaliser une vérification du pH du sol au début de la saison, et une à la fin. Par ailleurs, une analyse ionique complète de l'eau est requise.

Quantité

Une méthode simple pour calculer la quantité d'engrais requise pour l'irrigation fertilisante est de diviser la quantité totale des applications en une année par le nombre d'irrigations. Diverses recettes ont été élaborées dans différents pays à partir des dosages conventionnels de nutrition. La quantité totale d'engrais appliquée est également liée à la longueur de la saison de croissance et aux besoins en eau.

Le tableau 16.1 présente quelques recettes utilisées à Chypre pour l'irrigation fertilisante en continu, à un taux constant d'alimentation durant l'irrigation.

**TABLEAU 16.1 - Concentration nette d'engrais en ppm
(mg/l ou engrais net en g/m³ d'eau d'irrigation)**

Culture	N	P	K
Agrumes	50	12	15
Bananes	50	15	40
Tomates	180	50	250
Concombres	200	50	200
Poivrons	170	60	200
Choux	100	60	200
Oignons	100	50	150
Courges	200	50	200
Pommes de terre	150	50	180
Arachides	120	50	200
Pastèques	150	50	150

Remarque:

Les concentrations ci-dessus varient en fonction des réserves d'engrais dans le sol.

FIGURE 16.2 - Préparation de la solution fertilisante.



Les concentrations recommandées dans le tableau ci-dessus sont valables pour une eau d'irrigation très peu saline. De manière empirique, on estime que pour des eaux d'irrigation de qualité moyenne, la conductivité électrique de la concentration maximale d'engrais, qui s'ajoute à la salinité totale de l'eau d'irrigation, doit être d'environ 0,5 dS/m. Pour des concentrations plus élevées, le niveau de salinité dans la zone racinaire doit être vérifié fréquemment et l'application ajustée en fonction des résultats des tests effectués sur les sols.

EXEMPLE – L'IRRIGATION FERTILISANTE DES LÉGUMES

- **Culture:** tomates
- **Concentration d'engrais NPK:** 180-50-250;
- **Type d'engrais disponible:** nitrate d'Ammonium (33,5-0-0) NH_4NO_3 , phosphate Diammonium DAP (16-48-0) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$; chlorure de potassium (0-0-60) K_2O
- **Débit du système:** 23 m^3/h ;
- **Dose d'irrigation:** 18 m^3 ;
- **Durée de l'application:** 1,5 heure.

Les phosphates et le potassium sont donnés sous forme d'oxydes, par conséquent ils sont convertis en éléments P et K en les multipliant par 0,4364 et 0,8302 respectivement.

Calcul des quantités d'engrais requises en grammes par m^3 d'eau

$$K = 250 \times 100 \div (60 \times 0,8302) = 0,502 \text{ kg } K_2O$$

$$P = 50 \times 100 \div (48 \times 0,4364) = 0,239 \text{ kg } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$$

Cette quantité procure aussi 38 g de N.

$$N = (180-38) \times 100 \div 33,5 = 0,424 \text{ kg } \text{NH}_4\text{NO}_3$$

Ainsi pour 18 m^3 d'eau, qui est la dose d'irrigation, les quantités exactes sont:

$$0,502 \text{ kg} \times 18 = 9,036 \text{ kg } K_2O$$

$$0,239 \text{ kg} \times 18 = 4,30 \text{ kg } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$$

$$0,424 \text{ kg} \times 18 = 7,63 \text{ kg } \text{NH}_4\text{NO}_3$$

16.6 Chapitre 16 – L'irrigation fertilisante

Les quantités d'eau requises pour la dilution des quantités d'engrais ci-dessus sont estimées en tenant en compte de la solubilité des engrais:

9,036 kg K_2O x 3 litres	27 litres
4,30 kg Ca (H_2PO_4) x 2.5 litres	10,75 litres
7,63 kg NH_4NO_3 x 1 litre	7,63 litres
Minimum amount of water needed	45,00 litres

Si les engrais sont dilués dans 60 litres d'eau et que la durée d'irrigation est d'une heure et demie, alors le taux d'injection doit être d'environ 40 à 45 l/h afin d'achever l'irrigation fertilisante en environ 1 h 25 minutes.

CHAPITRE 17: Système de distribution par conduites

INTRODUCTION

L'irrigation par pompage est utilisée dans la majorité des terres irriguées dans les pays en développement des zones arides et semi-arides. L'eau d'irrigation prélevée dans les aquifères ou les étangs, lacs, rivières et barrages alimentés par le ruissellement de surface est pompée jusqu'aux champs par des fossés conventionnels en terre ou des canaux revêtus, ce qui provoque des pertes considérables par infiltration et évaporation, percolation en profondeur et fuites des canaux.

Des études menées dans plusieurs pays indiquent qu'il faut compter des pertes de transport moyennes de 33 pour cent sur un tronçon de canal conventionnel de 100 m. Les méthodes d'irrigation au champ, du type traditionnel gravitaire de surface en sillons, bassins, planches, etc., ont une efficacité d'application de 60 à 70 pour cent, c'est-à-dire des pertes additionnelles de 20 à 27 pour cent du total. Ainsi, l'efficacité totale d'irrigation varie approximativement entre 40 et 47 pour cent.

La solution à ce problème réside dans la mise en conduite fermées de l'eau dans le cadre des techniques d'irrigation améliorée. L'immense écart

FIGURE 17.1 - Système de distribution par conduites irriguant de jeunes arbres.



entre le gaspillage d'eau qu'entraînent les pratiques d'irrigation de surface à ciel ouvert et la grande efficacité des techniques d'irrigation améliorée peut être éliminé par l'installation de systèmes de distribution de l'eau d'irrigation par conduites. Cette technique d'irrigation a été largement utilisée avec grand succès à Chypre au début des années 60 et au Yémen (Tihama) au début des années 80. Il s'agit en fait du remplacement des canaux à ciel ouvert par un réseau fermé de conduites soigneusement conçu pour amener et distribuer l'eau aux parcelles sans pertes d'eau. La technologie est simple, son coût est minimum et elle permet, du jour au lendemain, d'accroître l'efficacité globale d'irrigation de 40 à 77 pour cent. Le système de distribution par conduites est une technique d'irrigation de surface par conduites, classifiée comme un système à basse/moyenne pression et installée de manière fixe et permanente.

TRAME ET COMPOSANTES DU SYSTÈME

La trame de base du système de distribution par conduites comprend un ouvrage de tête simple, un réseau de conduites de distribution et des bornes.

L'ouvrage de tête comprend les vannes de réglage requises (sectionnement, contrôle, purgeur d'air) montées sur une section de conduite fileté en acier galvanisé à 60 cm au-dessus du sol, avec des sorties en té pour les robinets et le manomètre. A un stade ultérieur ce dispositif peut être facilement reconverti en une unité de commande plus sophistiquée, adaptée aux systèmes de micro-irrigation.

Les conduites principales et secondaires (réseau de distribution), enterrées, sont en PVC rigide de 90 à 160 mm de diamètre, PN 4 à 6 bars. En terrain accidenté, d'autres types de conduites sont posés sur le terrain, telles les conduites en polyéthylène flexible noir (PEHD), celles en acier léger à raccord rapide ou celles en acier galvanisé avec filetage. Ces dernières ne sont utilisées que jusqu'à des diamètres de 3 pouces (75 mm), en raison de leur coût élevé.

Les bornes s'élevant au-dessus du sol sont équipées d'une vanne de sectionnement (robinet-vanne) capable de distribuer tout ou partie du débit aux fossés répartiteurs à ciel ouvert. À un stade ultérieur, des tuyaux portables légers (aluminium à raccord rapide, acier léger, tuyaux plats, PE noir, etc.) pourront être connectés aux bornes, remplaçant les fossés pour la distribution finale. Des bornes, l'eau d'irrigation est distribuée directement aux fossés répartiteurs en terre, pour être répartie vers les sillons, bassins ou planches longitudinales.

CRITÈRES ET CONSIDÉRATIONS DE CONCEPTION

Le système de distribution par conduites combine les avantages des méthodes de surface avec ceux des techniques de réseaux fermés de conduites sous pression. Les critères et paramètres de conception sont très nombreux comparés à la simplicité du système (figure 17.2). La topographie du terrain (forme, pente, etc.), le type de sol, l'importance du débit et la méthode de distribution de l'eau aux cultures (sillon, bassin, planche ou autre) doivent être attentivement pris en considération. Les bornes de prise doivent être placées aux plus hauts points des parcelles et à la bonne distance afin de permettre une pratique efficace des techniques d'irrigation gravitaire à partir des fossés de répartition.

Le critère le plus important à prendre en compte lors de la conception du réseau est sa flexibilité pour une future extension du réseau, à coût minimal, par l'adoption d'un autre système amélioré d'irrigation à basse/moyenne pression, tel qu'aspersion, goutte-à-goutte, gicleurs, etc. Ainsi, il importe de soigneusement concevoir un schéma flexible de réseau de conduites susceptible de convenir à toutes les méthodes d'irrigation et techniques de distribution.

FIGURE 17.2 - Installation des conduites.



Dans ce type d'installation, la dimension des conduites ne diminue pas au niveau des branches secondaires et tertiaires, mais reste identique sur l'ensemble du réseau (figure 17.3). Ainsi, le système peut fournir le débit total en tout point de la ferme, grâce à chaque borne individuelle. Ceci entraîne quelques coûts supplémentaires pour les conduites. Il n'y a pas de restrictions concernant le type de conduites et de raccords à utiliser, à l'exception des dimensions et de la pression de service. Le diamètre nominal (DN) des conduites du réseau dépend du débit et de la vitesse d'écoulement, qui doit être de l'ordre de 1,4 à 2 m/s (tableau 17.1). La pression de fonctionnement (PN) se situera autour de 6 bars, mais ne sera en aucun cas inférieure à 4 bars. Le diamètre de la conduite est dérivé de la formule de la vitesse d'écoulement $Q = AV$ adaptée comme suit:

$$Q \text{ (l/h)} = V \text{ (m/s)} \times 2,826 \text{ di}^2 \text{ mm}$$

où **Q** est le débit en l/h, **V** la vitesse d'écoulement choisie (en général 1,7 m/s) et **d** le diamètre intérieur en mm. Selon cette formule, les débits recommandés pour divers types et dimensions de conduites sont les suivants:

TABLEAU 17.1 - Débit par rapport au diamètre des conduites

V = 1,7 m/s ²	Acier galvanisé fileté, série légère			PVC Rigide 6 bars			PEHD 6 bars	
	2 in	2 ½ in	3 in	90	110	160	90	110
DN (in/mm)								
d (mm)	54	69	82	84,4	103,2	150,2	79	97
Débit (m ³ /h)	14	23	32	34	51	108	30	45

COÛTS

Ce système à basse/moyenne pression est installé de manière fixe et permanente. Le coût initial par unité de surface est inférieur en comparaison des autres systèmes d'irrigation sous pression. Le coût moyen par hectare est d'environ 850 \$EU. Dans l'exemple suivant, le coût s'élève à 900 \$EU par hectare. De même, la consommation de carburant est plus basse que dans tout autre système amélioré d'irrigation. Seules les dépenses de main-d'œuvre sont relativement élevées. Cette technique est classifiée dans les technologies peu onéreuses d'irrigation.

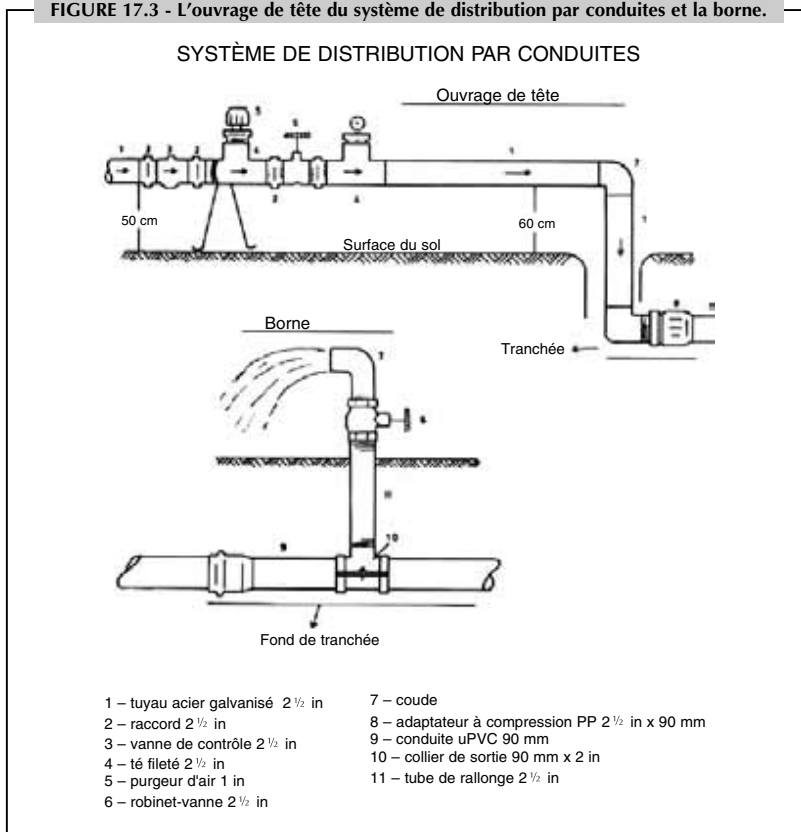
AVANTAGES

- Investissement initial faible.
- Disponibilité de l'équipement requis.
- Facilité de fonctionnement et d'entretien.
- Adaptabilité très aisée pour les utilisateurs.
- Validité pour une large gamme de cultures.
- Adaptabilité à toutes dimensions d'exploitations et formes irrégulières de parcelles.

INCONVÉNIENTS

- Nécessite des irrigants expérimentés.
- Faible efficacité d'application (distribution) au champ.
- Adaptabilité difficile aux terrains inégaux et sols sableux.
- Ne s'applique pas aux faibles débits.
- Système mieux adapté aux sols moyens/lourds.

FIGURE 17.3 - L'ouvrage de tête du système de distribution par conduites et la borne.



En dépit des avantages et inconvénients mentionnés ci-dessus, la principale caractéristique du système est qu'il constitue la première mesure à prendre pour permettre aux paysans de passer en douceur, facilement, sûrement et économiquement des pratiques d'irrigation traditionnelle à des techniques plus avancées.

EXEMPLE DE PROJET

Superficie et cultures

La superficie du projet est d'environ 3,3 ha, divisée en six parcelles de 90 x 45 m et de même forme rectangulaire. Les cultures peuvent être des agrumes, du coton, des légumes, des melons, des pommes de terre, de la

luzerne ou toute autre culture saisonnière ou pérenne. La topographie est régulière avec une pente d'environ 0,4 à 0,6 pour cent du nord au sud et de l'est vers l'ouest (voir carte).

Sol et eau

Le sol est de texture moyenne et de structure favorable avec un taux d'infiltration modéré et un bon drainage interne. L'humidité disponible est d'environ 150 mm/m de profondeur. L'eau, de bonne qualité sans risques de toxicité ni de sodium, est pompée dans un forage situé à proximité avec un débit de 27 m³/h (7,5 l/s) durant 12 h par jour.

Besoins en eau et programme d'irrigation

L'estimation des besoins et le programme d'irrigation dépendent des conditions climatiques et du type de cultures à irriguer. Cependant la disponibilité en eau est de 324 m³/jour (27 m³/h x 12 h) correspondant à une application journalière de 9,8 mm sur une surface de 3,3 ha. Cette quantité d'eau permet de satisfaire la demande de pointe de n'importe quelle culture.

Trame du système et charge dynamique

Une conduite d'adduction d'environ 100 m en PVC rigide de 90 mm, PN 6 bars, relie la pompe à la parcelle. Le réseau de conduites de distribution à la ferme, de même type et dimension, est enterré le long des limites des parcelles. Les bornes de prise de 2 ½ pouces sortent en surface, chacune desservant une surface de 0,27 ha. La charge dynamique du système en fonctionnement normal, 0,9 bar, correspond à la somme des pertes de charge dues au frottement des conduites et de celles de l'ouvrage de tête, plus les pertes mineures, moins la différence de niveau (figure 17.5 et tableau 17.2).

FIGURE 17.4 - Trame du système de distribution par conduites.

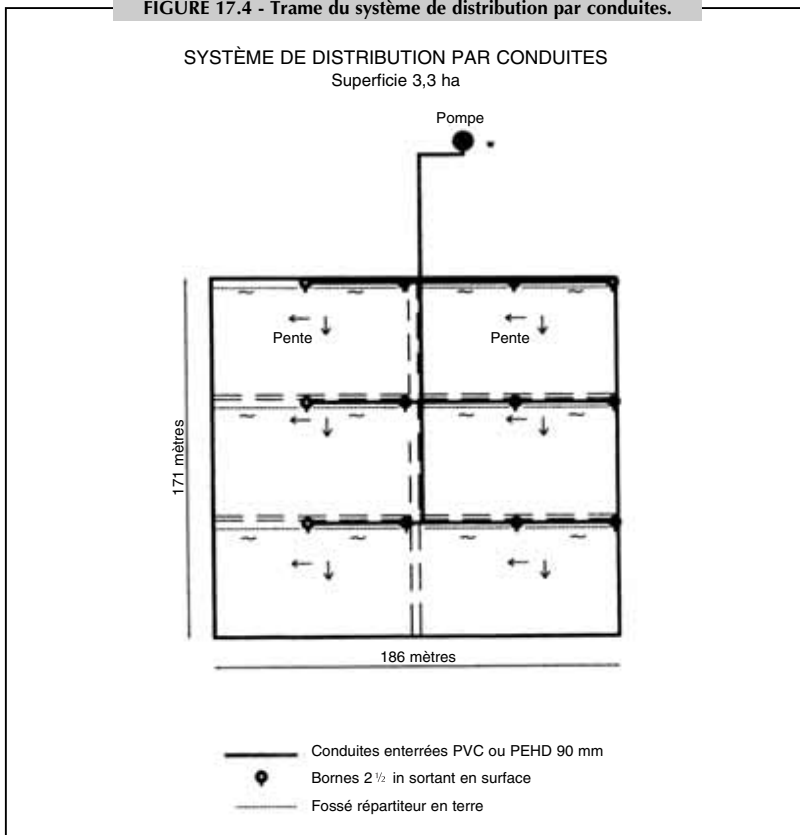


TABLEAU 17.2 - Liste des équipements nécessaires pour l'installation d'un système de distribution par conduites (devis quantitatif). Surface: 3,3 ha, Débit: 27 m³/h, Charge dynamique: 0,9 bar.

n.	Description	Quantité	Prix unitaire \$EU	Prix total \$EU
	Réseau de distribution du système			
1.	Conduite en PVC rigide 90 mm, 6 bar	660 m	2,50	1650,00
2.	Raccord mâle PP 2 ½ in x 90	1 U	10,00	10,00
3.	Coude PP 90 mm	1 U	15,00	15,00
4.	Té PP 90 mm	5 U	22,00	110,00
5.	Té femelle PP 90 mm x 2 ½ in	6 U	19,00	114,00
6.	Coude femelle PP 90 mm x 2 ½ in	6 U	13,50	81,00
7.	Tube de rallonge fileté 2 ½ in	12 U	5,00	60,00
8.	Vanne laiton 2 ½ in	12 U	14,00	168,00
9.	Coude fileté mâle 2 ½ in	12 U	3,00	36,00
10.	Excavation et remblai de la tranchée	660 m	1,00	660,00
	Sous-total			2904,00
	Ouvrage de tête			
11.	Vanne réglage laiton 2 ½ in	1 U	16,00	16,00
12.	Vanne laiton 2 ½ in	1 U	14,00	14,00
13.	Té fileté femelle 2 ½ in	2 U	3,50	7,00
14.	Raccord 2 ½ in	2 U	1,00	2,00
15.	Tube fileté 60 cm 2 ½ in	2 U	5,00	10,00
16.	Coude fileté femelle 2 ½ in	1 U	3,00	3,00
17.	Purgeur d'air 1 in	1 U	12,00	12,00
18.	Manomètre avec base adaptatrice 2 ½ in	1 U	14,00	14,00
	Sous-total			78,00
	TOTAL COÛTS			2982,00