

**ÉTAT D'ISRAËL**

**MASHAV  
MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES  
CENTRE POUR LA COOPÉRATION  
INTERNATIONALE**

**CINADCO  
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL  
CENTRE DE COOPÉRATION  
INTERNATIONAL POUR LE  
DÉVELOPPEMENT AGRICOLE**

# **L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE**

DEUXIÈME ÉDITION

par

**Moshé Sné**

Conseiller en irrigation et ancien directeur du Service  
du sol et de l'irrigation

2007



## **PREFACE DE LA PREMIERE EDITION**

La nécessité d'un ouvrage complet et actualisé sur le thème de l'irrigation au goutte-à-goutte s'est fait sentir depuis longtemps, reflétée par le nombre élevé de cours internationaux sur l'irrigation planifiés dans le programme annuel de formation du CINADCO. Le fascicule sur l'irrigation au goutte-à-goutte rédigé par Elimélech Sapir et le regretté Micha Chani en 1976 a été mis à jour au début des années 90 et largement utilisé dans les cours de formation du CINADCO en Israël et à l'étranger. Cependant, compte tenu de l'expansion rapide et des progrès technologiques de l'équipement d'irrigation israélien, le besoin d'une édition plus détaillée et plus globale s'est fait jour.

Moshé Sné, ancien directeur du service de l'irrigation et du sol au ministère de l'Agriculture et du Développement rural, département de la diffusion, s'est largement investi depuis de nombreuses années dans le domaine des systèmes et techniques d'irrigation en général, et de l'irrigation au goutte-à-goutte en particulier. Il a également été conseiller principal du cours sur l'irrigation du CINADCO. A la veille de son départ à la retraite de la fonction publique, il a entrepris la tâche importante de la préparation d'un ouvrage sur l'irrigation au goutte-à-goutte en Israël.

Nous souhaitons remercier l'auteur de la grande somme de travail et d'efforts qu'il a investi dans l'écriture et la compilation de la matière sur le thème de l'irrigation au goutte-à-goutte présentée ici. M. Sné a été largement aidé dans sa tâche par les principales sociétés israéliennes d'irrigation, qui ont autorisé la publication de photos, graphiques, diagrammes et schémas figurant dans cet ouvrage. Nous souhaitons les remercier ainsi que les nombreux spécialistes, cités au long de l'ouvrage, qui ont assisté M. Sné dans son projet.

Nous sommes heureux de faire partager le matériau professionnel présenté ici avec les experts en irrigation, les spécialistes en agriculture et autre du monde entier, qui ont participé aux programmes israéliens de coopération internationale. Le contenu de cet ouvrage est adapté en particulier aux conditions physiques en Israël. Il contient uniquement des recommandations et ne peut remplacer un planning local détaillé d'irrigation.

Ceci est la première édition du fascicule *L'irrigation au goutte-à-goutte*. Elle a été imprimée dans un nombre de copies limité. Nous apprécierons vos commentaires et suggestions pour les prochaines éditions.

Abraham Edery, Directeur de la formation, CINADCO  
Shirley Oren, Coordinatrice des publications, CINADCO

Mai 2004

## **PREFACE DE LA SECONDE EDITION**

Une année s'est écoulée depuis la publication de la première édition du fascicule *L'irrigation au goutte-à-goutte* rédigé par Moshé Sné. Lors de la première impression, nous avons demandé aux experts en irrigation, aux participants aux cours sur l'irrigation et autres lecteurs de l'ouvrage de nous apporter leurs commentaires et suggestions.

Ceci fut fait, et l'auteur a incorporé les commentaires et suggestions reçus, ainsi que les siens propres, à la présente publication.

Nous sommes heureux de mettre sous presse en mai 2005 la seconde édition de *L'irrigation au goutte-à-goutte*. Nous apprécions à sa juste valeur les efforts de Moshé Sné pour améliorer et corriger la matière déjà vaste compilée précédemment.

Comme nous l'avons mentionné dans la préface de la première édition, nous sommes heureux de faire partager ce matériau professionnel avec les experts en irrigation, les spécialistes en agriculture et les autres parties intéressées du monde entier ayant participé aux programmes internationaux de développement agricole. Pour faciliter ce but, cet ouvrage est actuellement traduit en espagnol et en russe. Le contenu de cette brochure a été adapté en particulier pour les conditions physiques régnant en Israël. Elle contient uniquement des recommandations et ne peut remplacer un planning local détaillé d'irrigation.

Abraham Edery, Directeur de la formation, CINADCO  
Shirley Oren, Coordinatrice des publications, CINADCO

Mai 2005



## REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier mes collègues et amis, ainsi que les participants du cours sur l'irrigation de 2004 pour la pré lecture de la première édition du fascicule *L'irrigation au goutte-à-goutte*, et pour leurs remarques et corrections utiles. Leur précieuse contribution a été incorporée à la présente seconde édition de la publication imprimée en 2005.

Je suis profondément reconnaissant aux auteurs des ouvrages et articles cités dans la liste des références et la bibliographie. La lecture de la vaste matière existante sur l'irrigation au goutte-à-goutte m'a inspiré utilement et rempli d'admiration pour les personnes enthousiastes et laborieuses à la pointe de la technologie d'irrigation. Je voudrais également remercier les industriels pour la richesse de l'information rassemblée dans leurs brochures et guides professionnels. Je suis particulièrement reconnaissant à M. Nachman Karu et M. Dubi Segal pour leur impressionnante et utile contribution en matériel graphique.

De nouveau merci à Mme Shirley Oren et à Mme Bérénice Keren pour leur patient travail d'édition et d'élaboration de cette seconde édition de *L'irrigation au goutte-à-goutte*.

Moshé Sné

Mai 2005



# TABLE DES MATIERES

**Préface**

**Remerciements**

<b>.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>.2</b>	<b>Principes de l'irrigation au goutte-à-goutte</b>	<b>5</b>
<b>.3</b>	<b>La répartition de l'eau dans le sol</b>	<b>9</b>
<b>.4</b>	<b>Le système de goutte-à-goutte</b>	<b>17</b>
<b>.5</b>	<b>Les goutteurs: types, structure, fonctionnement et propriétés</b>	<b>23</b>
<b>.6</b>	<b>Gestion et contrôle</b>	<b>35</b>
<b>.7</b>	<b>Le goutte-à-goutte souterrain (SDI)</b>	<b>39</b>
<b>.8</b>	<b>Le système familial d'irrigation au goutte-à-goutte</b>	<b>45</b>
<b>.9</b>	<b>L'uniformité de la distribution de l'eau</b>	<b>49</b>
<b>.10</b>	<b>L'irrigation au goutte-à-goutte des cultures</b>	<b>53</b>
<b>.11</b>	<b>Les principes de base de la planification d'un réseau de goutte-à-goutte</b>	<b>67</b>



## Chapitre 1. INTRODUCTION

L'irrigation au goutte-à-goutte est, par définition, une technologie d'irrigation. Cependant, au cours des quarante dernières années, c'est-à-dire dès le démarrage de sa diffusion à travers le monde, au début des années soixante, elle s'est affirmée également comme une agro technologie globale, modifiant les techniques agronomiques et élargissant les horizons de l'agriculture moderne. La technique du goutte-à-goutte a amélioré l'efficacité de l'utilisation de l'eau en irrigation et amorcé l'introduction et le développement de la fertigation, distribution intégrée d'eau et d'engrais. Elle élève le seuil maximal d'utilisation de l'eau saumâtre en irrigation et simplifie sa coordination avec les autres activités agricoles. Le goutte-à-goutte facilite l'application de l'eau et des éléments nutritifs aux cultures, "à la cuillère près", et son adaptation aux variations des besoins tout au long de la saison agricole. Il permet l'approvisionnement exact en eau et en engrais de la zone racinaire active avec un minimum de pertes. Appliqué aux cultures abritées, Il combine les avantages de l'hydroponie avec ceux d'un substrat hors sol solide perfectionné. Le goutte-à-goutte a favorisé l'amélioration de la surveillance, de l'automatisation et du contrôle de l'irrigation, ainsi que la diversification des technologies de filtrage. Cette technique d'irrigation a pris de l'essor au cours des deux dernières décades. On estime à 3 millions d'hectares la surface des terres irriguées dans le monde par cette méthode, sur une superficie totale de 25 à 30 millions d'hectares irrigués au moyen de technologies d'irrigation sous pression, la surface totale des terres irriguées étant évaluée à 270-280 millions d'hectares.

## HISTORIQUE DE L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Dès les débuts de la culture irriguée, les agriculteurs et les professionnels de l'irrigation se sont mis à la recherche de concepts et de technologies ayant pour but de rentabiliser l'utilisation de l'eau dans l'agriculture. Un de ces moyens fut l'application localisée de l'eau directement à la zone racinaire. Une autre idée était de drainer l'eau au-dessous de la surface du sol afin d'éviter l'évaporation.

Cette dernière technologie fut utilisée par les Perses et est encore appliquée dans certains pays d'Asie et d'Afrique. Elle consiste à enfouir dans le sol des pots d'argile faits en terre locale sans glaçure, jusqu'au col, en les remplissant d'eau; les plants étant placés autour. Les parois des pots d'argile possèdent un grand nombre de pores minuscules. A travers ces micropores l'eau ne passe pas d'un seul coup, mais est exsudée lentement dans la direction de l'aspiration imprimée par l'inclinaison de la pente.

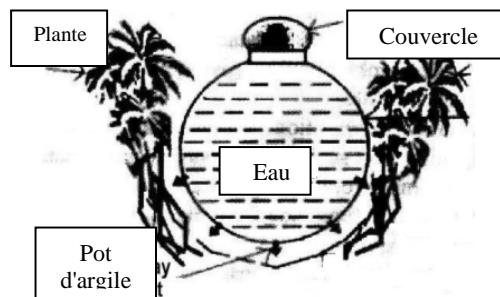


Fig. 1. Pot d'argile

Dans le sud-est asiatique, on a pratiqué pendant plus de 200 ans l'irrigation au goutte-à-goutte par le truchement d'une tige de bambou. L'eau de ruissellement et de source était drainée par des tuyaux de bambou. Environ 18 à 20 litres d'eau par minute coulaient ainsi le long de plusieurs centaines de mètres et atteignait chaque plante à un débit de 20 à 80 gouttes par minute. Ce système traditionnel est encore

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

utilisé dans l'agriculture tribale pour l'irrigation au goutte-à-goutte des parcelles de poivriers noirs.

La notion d'économie d'eau fut élaborée par la suite au cours du dix-neuvième siècle. Les agriculteurs étaient insatisfaits des pertes occasionnées par l'emploi des techniques d'irrigation par la surface. L'utilisation expérimentale de conduits souterrains en argile pour l'irrigation est attestée en Europe dès 1860. Des brevets de technologies d'économie en eau y furent déposés, ainsi qu'aux Etats-Unis. Par exemple, la patente # US146, 572, datée du 20 janvier 1874, déposée par Nehemiah Clark, à Sacramento en Californie, se compose d'un tuyau muni d'un dispositif "anti-obstruction". En 1888, M. Haines originaire de Nashville dans l'état du Iowa, enregistra un brevet permettant l'application directe de l'eau au système racinaire des arbres fruitiers. En 1917, lors d'un colloque à Riverside en Californie, le Dr Lester Kellar présenta un système de goutte-à-goutte. Mais les développements ultérieurs de cette forme d'irrigation aux Etats-Unis durent attendre encore 40 ans.

Des tuyaux perforés pour l'irrigation souterraine furent introduits de façon expérimentale en Allemagne et en URSS en 1923. En 1926, M. Nelson, de la ville de Tekoa dans l'état de Washington, fit breveter un système d'irrigation par le sous-sol. Un autre fut examiné en 1934 dans les centres d'expérimentation agricole du New Jersey et de l'Indiana. Après la seconde guerre mondiale, des micros conduits furent utilisés pour l'irrigation sous serre en Angleterre et en France. En 1954, Richard Chapin développa aux Etats-Unis des goutteurs pour l'irrigation et les plantes en pot sous serre. Au Danemark, M. Hansen mis au point un petit tuyau en plastique pour l'irrigation des plantes en pot sous serre.

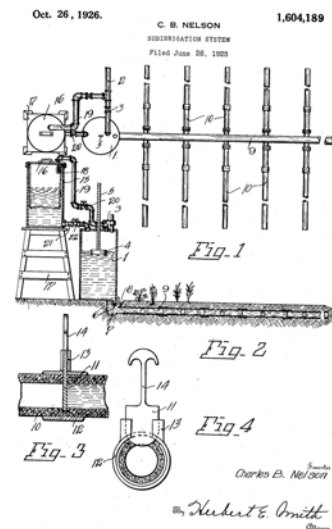
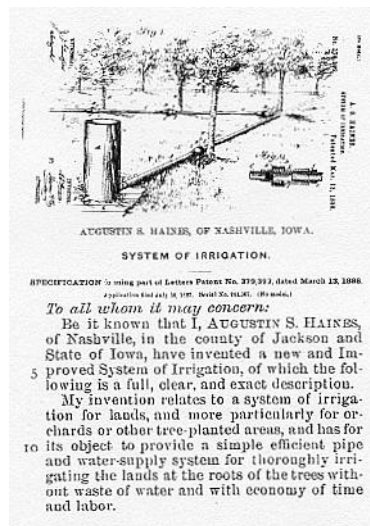
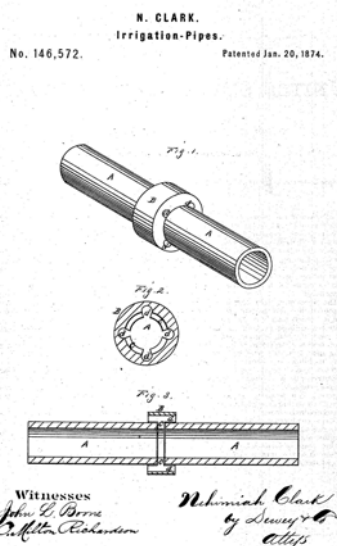


Fig. 2. Premiers dispositifs brevetés d'irrigation au goutte-à-goutte

La percée de l'irrigation au goutte-à-goutte se fit au début des années soixante, d'abord en Israël, puis aux Etats-Unis. L'initiative en est attribuée à M. Simcha Blass, qui mit au point un goutteur à flux laminaire en forme d'un micro conduit spiralé. Dans le premier modèle, le micro conduit était enroulé autour de la canalisation latérale. Il fut suivi d'un prototype amélioré comprenant un joint moulé muni d'une spirale interne. Ce système fut manufacturé sous forme de goutteur a "deux pièces" en ligne (brevet américain 3, 420,064).

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Avec la collaboration du kibboutz Hazerim, M. Blass fonda "Nétafim", entreprise leader dans le domaine de l'irrigation au goutte-à-goutte. A la même période, un autre inventeur israélien, Ephraïm Louz, développa un système différent de goutte-à-goutte, composé de tuyaux de polyéthylène de 4 à 6 mm de diamètre. Dans les deux cas, les canalisations latérales étaient enterrées à environ 20-40 cm sous la surface du sol. Le principal défaut de ces rampes latérales enterrées était l'obstruction des goutteurs par des particules ou des racines. M. Yehouda Zohar, conseiller agricole, démontra alors que l'irrigation au goutte-à-goutte en surface avait les mêmes avantages que la méthode souterraine, en diminuant cet inconvénient de façon appréciable. C'est pourquoi pendant de nombreuses années, la méthode d'irrigation en surface prévalut. Au tournant des années soixante et soixante-dix, "Nétafim" autorisa des firmes d'équipements d'irrigation aux Etats-Unis et en Afrique du sud à utiliser sa patente pour la fabrication de goutteurs.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, en 1954 aux Etats-Unis, Richard Chapin développa un système comprenant des tuyaux de petit diamètre pour l'irrigation de plantes en pot sous serre. En 1964, il mit au point un tube pour l'irrigation des melons "cantaloups". Puis, en 1974, il développa le kit seau pour l'irrigation des petites parcelles familiales dans les pays en voie de développement. Ce système de nécessite aucune source d'énergie externe.

En 1962, S. Davis installa un système expérimental de goutte-à-goutte souterrain dans une citronneraie, à Pomona, en Californie. Ce n'est que dix ans plus tard, au début des années soixante-dix, une fois résolus les problèmes d'intrusion de racines et d'aspiration des impuretés, que les installations de goutte-à-goutte souterrain se répandirent sur une grande échelle en Californie et dans d'autres états américains.

Les producteurs de sucre d'Hawaï furent initiés à l'irrigation au goutte-à-goutte en 1970, à l'occasion d'un congrès agricole en Israël. De retour à Hawaï, ils convertirent au goutte-à-goutte une importante portion de l'acréage de canne à sucre, obtenant d'étonnants résultats tant sur le plan des économies en eau que sur celui de la teneur en sucre.

Dans le but de réduire les coûts du système de goutte-à-goutte, des tuyaux perforés aux parois minces furent mis au point. Cependant la variation de débit et l'obstruction des orifices étaient inacceptables. Ces problèmes furent résolus avec l'introduction d'un tuyau à double paroi à l'intérieur duquel un boyau interne libère d'eau dans un second conduit extérieur, qui la déverse dans le sol à un faible débit à travers de minuscules orifices. Une proportion de 4 perforations dans le tuyau extérieur pour chaque trou du boyau interne atténue le débit, donnant une uniformité de diffusion acceptable.

Les technologies de fertigation ont évolué en parallèle avec l'extension de l'irrigation au goutte-à-goutte au début des années soixante. En raison du faible volume de sol mouillé, il était nécessaire de synchroniser l'approvisionnement en éléments nutritifs et en eau par le biais du goutte-à-goutte, de façon à procurer au système racinaire un apport nutritif adéquat.

L'étape suivante fut l'introduction de tuyaux poreux filtrants, de goutteurs Woodpecker (à museau), de goutteurs compensateurs de pression, de dispositifs anti-fuites, de mécanismes anti-siphon et de techniques de prévention du colmatage.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

L'irrigation au goutte-à-goutte a occasionné le développement des systèmes de filtrage et des technologies de traitement chimique de l'eau nécessaires à la prévention du colmatage de l'étroit passage des goutteurs. Des instruments sophistiqués de contrôle et de supervision ont été développés pour permettre la mise en oeuvre optimale de ces technologies.

La technique du goutte-à-goutte a également été adoptée par les jardiniers et les architectes paysagistes. Elle a révolutionné le concept d'irrigation dans le domaine du jardinage, en permettant d'arroser sans déranger les promeneurs. L'utilisation de l'eau recyclée par des installations souterraines et la facilité avec laquelle elle rend possible l'irrigation d'étroites bandes de végétation sans mouiller les sentiers ont enthousiasmé les professionnels de premier plan dans ce secteur. Actuellement la vente des équipements de goutte-à-goutte pour l'architecture de paysage ou le jardinage surpasse dans de nombreux pays celle de l'agriculture.

Les méthodes développées pour l'irrigation au goutte-à-goutte dans les pays industrialisés, relativement onéreuses, sont actuellement inaccessibles pour les agriculteurs des pays en voie de développement ne disposant pas de revenus suffisants. Cet obstacle a été partiellement surmonté par la production locale de matériel de moins bonne qualité, moins coûteux, mais ne permettant pas une aussi bonne uniformité des débits et ayant une durée de vie moins longue. Une autre solution a été apportée: le développement de kits de goutte-à-goutte simplifié, comme les kits seau et les kits tonneau, conçus pour les petites exploitations familiales.



## CHAPITRE 2. LES PRINCIPES DE L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Le goutte-à-goutte, ainsi que l'irrigation par aspersion et les systèmes de rampes mobiles ou pivotantes font partie des techniques d'irrigation sous pression, dans lesquelles la force motrice du mouvement de l'eau provient d'une source d'énergie extérieure (ou d'un grand réservoir). L'eau est distribuée par un système de canalisations fermées. Dans les techniques d'irrigation de surface, au contraire (submersion, ruissellement, irrigation par rigole ou par bassin), le mouvement de l'eau est régi par la gravitation, et les installations qui permettent sa répartition et son application (canaux, sillons, rigoles, cuvettes et bassins) sont à ciel ouvert.

L'irrigation au goutte-à-goutte fait partie de la micro irrigation (irrigation localisée), qui inclue également les micro asperseurs et les micro jets. Le terme est généralement utilisé pour décrire des méthodes d'irrigation dans lesquelles l'eau est distribuée directement dans le sol par petites quantités à intervalles rapprochés, au moyen d'émetteurs points source distincts espacés le long d'étroits tuyaux ou tubes, de goutteurs . L'eau déposée par les micro asperseurs, les micro jets et gicleurs se répand dans le sol à travers la rhizosphère. Les termes de micro irrigation ou micro aspersion, goutte-à-goutte, arrosage de précision et irrigation localisée sont parfois utilisés de façon interchangeable dans la littérature, bien que chacun d'entre eux possède un sens légèrement différent.

En micro irrigation, l'eau est diffusée par trois types d'émetteurs différents: les goutteurs, les micro-jets et les micro-asperseurs. Les goutteurs déposent l'eau par gouttelettes ou en filet. Dans les micro-asperseurs, l'eau sort de l'émetteur à un débit plus élevé, et un jet orienté. Les micro-jets font gicler, atomisent ou brumisent l'eau dans l'atmosphère autour des émetteurs.

L'irrigation au goutte-à-goutte se distingue entre autre par l'humidification partielle du sol. L'eau est appliquée par plusieurs émetteurs minuscules, 5000 à 30000 par hectare. Dans les installations en surface, chaque émetteur mouille la surface du sol qui lui est adjacente. Le pourcentage de la zone humectée et le volume de sol mouillé dépendent des propriétés du sol, de son degré d'humidité initiale, du volume d'eau appliqué et du débit de l'émetteur. Dans les installations souterraines, la surface du sol reste sèche.

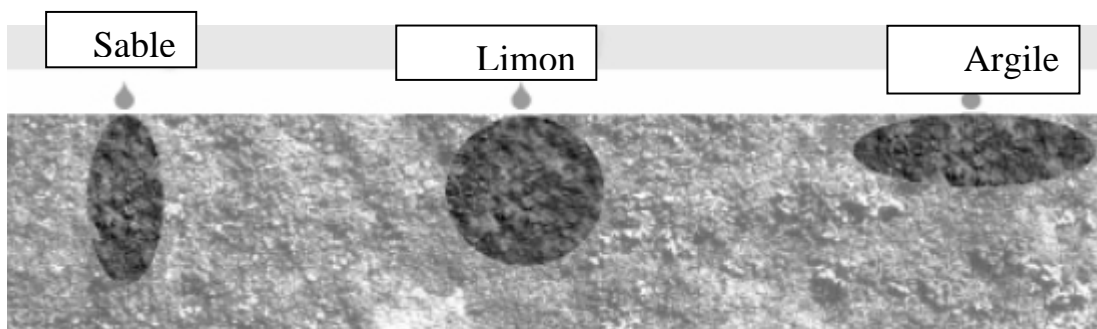


Fig. 3. Diffusion de l'humidité selon les différents types de sol irrigués au goutte-à-goutte

Adapté du Bulletin pour l'extension de l'exploitation coopérative de l'Université du Maine.

Dans une terre franche ou argileuse, le mouvement latéral de l'eau sous la surface du sol est plus prononcé que dans les sols sableux. Quand le débit du goutteur

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

excède le taux de rétention d'eau (infiltration) du sol et sa conductivité hydraulique, l'eau stagne à la surface et humecte un plus grand volume de sol.

Le bulbe vertical de terre humectée en sol sableux ressemble à une carotte. Dans une terre franche, les dimensions du bulbe humide sont similaires en profondeur et en diamètre. Dans les sols lourds, par contre, la zone horizontale d'extension d'humidité est plus étendue que sa profondeur.

La zone humectée par un goutteur unique est d'approximativement 30 cm dans un sol léger, de 60 cm dans un sol franc et de 120 cm dans un sol léger.

En raison de l'humidification partielle du sol par le système de goutte-à-goutte, l'eau être appliquée à plus grande fréquence que dans les méthodes d'irrigation qui mouillent toute la zone, comme l'irrigation par l'aspersion ou par submersion.

L'application de l'eau à chaque plante séparément en petites doses fréquentes et précises permet une grande efficacité de l'arrosage. L'eau est déposée littéralement "goutte-à-goutte", de façon continue en un point du sol, s'infiltré et humidifie la zone racine verticalement par phénomène de gravité et horizontalement par capillarité.

Le goutte-à-goutte souterrain (SDI) a pris son essor au cours des trente dernières années. La diffusion de l'humidité en SDI est un peu différente de celle obtenue par des émetteurs d'irrigation de surface.

La diffusion localisée et limitée de l'humidité qui découle de l'arrosage par micro-irrigation exige l'application d'engrais par le truchement du système du goutte-à-goutte, technique qu'on appelle la fertigation.

Le grand nombre d'émetteurs d'irrigation par zone implique la réduction au minimum du débit de chaque émetteur. Le débit habituel d'un goutteur varie de 0.1 à 8 litre par heure (l/h). La faiblesse du débit de l'émetteur est obtenue par divers moyens: orifice minuscule, atténuation de la pression par frottement pendant l'écoulement de l'eau dans le long passage du goutteur, circuit turbulent ou à tourbillons.

Les étroits passages des émetteurs et leur faible débit conduisent à une accumulation et une précipitation de substances susceptibles d'obstruer totalement ou partiellement le système. Aussi un filtrage adapté est-il indispensable à la mise en œuvre de l'irrigation au goutte-à-goutte. Dans le cas d'une utilisation d'eau de basse qualité, des traitements chimiques complémentaires sont également nécessaires.

### AVANTAGES ET LIMITES

#### Avantages

La technique du goutte-à-goutte possède de nombreux avantages sur les autres systèmes d'irrigation. La micro-aspersion augmente de façon significative l'efficacité de l'utilisation de l'eau et améliore les conditions de développement des cultures irriguées.

**Précision de l'apport en eau:** l'eau est déposée avec précision à un volume de sol restreint, correspondant à la configuration du système racinaire. Une gestion adéquate de l'eau peut réduire au minimum les pertes en eau et en éléments nutritifs au-dessous de la zone racinaire.

**Réduction des pertes par évaporation:** la réduction de la surface extérieure humectée diminue les pertes par évaporation directe de la surface du sol.

**Élimination du gaspillage en eau sur la périphérie de la parcelle irriguée:** grâce à la technique du goutte-à-goutte, l'eau se répand pas au-delà des limites des

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

parcelles irriguées comme c'est le cas dans l'irrigation par aspersion. Le système de goutte-à-goutte s'adapte véritablement à chaque parcelle de terrain, quelque soit sa forme, sa taille ou sa topographie.

**Diminution des mauvaises herbes:** la réduction de la zone arrosée diminue le développement des mauvaises herbes.

**Equilibrage du rapport air-eau:** le bulbe humecté par l'irrigation au goutte-à-goutte contient habituellement plus d'air qu'une terre arrosée par aspersion ou par submersion.

**Application intégrée d'eau et d'éléments nutritifs:** L'apport des engrais directement au bulbe humidifié, en même temps que l'eau d'irrigation, diminue les pertes en éléments nutritifs, améliore leur rentabilité et économise le travail et/ou la mécanisation nécessaires à l'application des engrais.

**Ajustement de l'apport en eau et en éléments nutritifs aux besoins variables des cultures au cours de la saison agricole:** La technique de fertigation conjuguée à l'application à grande fréquence d'eau et d'engrais facilite l'adaptation de cet apport aux besoins variables de la récolte pendant la saison.

**Automatisation:** les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte sont facilement gérables par des contrôleurs automatiques.

**Adaptation aux conditions topographiques et aux sols difficiles:** le goutte-à-goutte fonctionne avec succès sur des terrains en pente raide, sur des sols peu profonds et compacts à faible taux d'infiltration et sur des sols sableux à faible capacité de rétention d'eau.

**Pas d'interférence avec les autres activités agricoles:** l'humidification partielle de la surface du sol n'interfère pas avec les autres activités se déroulant dans le champ, comme les pulvérisations, la dilution des fruits et le moissonnage.

**Insensibilité au vent:** l'irrigation au goutte-à-goutte n'est pas affectée par les vents, contrairement au système de l'aspersion. Elle peut donc se pratiquer même par fort vent.

**Faibles besoins en énergie:** en raison de la faible pression, la consommation en énergie du goutte-à-goutte est beaucoup plus faible que celle des autres techniques d'irrigation sous pression comme l'aspersion et les systèmes d'irrigation mécanisés.

**Diminution du fungus des feuilles et les maladies des fruits:** le goutte-à-goutte ne mouille pas le feuillage de la plante, diminuant ainsi la fréquence des maladies des feuilles et des fruits.

**Pas de brûlure des feuilles:** l'élimination de l'aspersion du feuillage réduit la nécrose des feuilles par le sel et les engrais contenus dans l'eau d'irrigation.

**Utilisation possible de l'eau saumâtre pour l'irrigation:** le goutte-à-goutte permet l'utilisation d'eaux contenant une concentration relativement élevée de sels minéraux pour l'arrosage, avec un impact minimum sur le développement et le rendement de la plante. La fréquence des applications dilue la concentration de sel dans le bulbe humide situé sous l'émetteur, le drainant à ses marges.

### Limites

En raison du volume limité du sol humidifié, du passage étroit de l'eau dans les émetteurs et de l'importance de l'équipement requis, l'irrigation au goutte-à-goutte présente cependant certains inconvénients.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

**Risques d'obstruction:** les étroits passages des émetteurs sont susceptible d'être obstrués par des particules solides, des matériaux organiques en suspension ou la précipitation de sels chimiques contenus dans l'eau. L'obstruction peut encore être occasionnée par la succion de particules de sol et l'intrusion de racines dans le goutteur.

**Coût initiaux élevés:** en raison du grand nombre de conduits latéraux et d'émetteurs, il est généralement difficile de déplacer le système au cours de la saison agricole. La plupart des installations sont fixes, d'où un coût d'équipement élevé par zone irriguée.

**Accumulation de sel à la surface du sol:** le mouvement capillaire de l'eau dans la terre irriguée vers le haut et l'évaporation de la surface du sol laissent une forte concentration de sels dans la couche supérieure du sol. Les pluies même légères dissolvent les sels accumulés vers la zone racinaire active, pouvant endommager les cultures.

**Exposition des canalisations latérales en surface et des goutteurs aux dégâts causés par les animaux:** les canalisations latérales, en particuliers les tuyaux à paroi mince et les goutteurs minuscules sont sujets aux dommages causés par les rongeurs, les rats, les taupes, les sangliers et les pivolets. Les canalisations latérales et les goutteurs souterrains peuvent également être endommagés par les ronds.

**Influence négligeable sur le microclimat:** l'irrigation est parfois utilisée pour améliorer les conditions du climat local – réduction de la température pendant les vagues de chaleur et augmentation pendant la période de gel. Avec l'irrigation par aspersion ou par vaporisation, une fraction de l'eau aspergée s'évapore, dégageant de l'énergie vers l'atmosphère par temps froid ou absorbant la chaleur par temps chaud. Naturellement, cela n'est pas le cas avec l'irrigation au goutte-à-goutte.

**Limitation du volume des racines:** l'application répétée de l'eau à un volume de sol limité conduit au développement de systèmes racinaires restreints et parfois peu profonds. Par conséquent, la récolte dépend de la fréquence des arrosages et devient plus sensible à la tension d'humidité par temps particulièrement chaud. Les grands arbres aux systèmes racinaires peu profonds sont susceptibles d'être déracinés par des vents rapides.

### Chapitre 3. LA REPARTITION DE L'EAU DANS LE SOL

Le mouvement de l'eau et sa répartition dans le sol en système de goutte-à-goutte est différent de celui obtenu par les autres techniques d'irrigation. L'eau est déposée à partir d'un point ou d'une ligne source. Les points sources sont des goutteurs distincts humectant chacun un volume de sol distinct. Les lignes sources sont des canalisations latérales munies de goutteurs rapprochés. L'eau coule le long de ces canalisations de façon telle que les volumes humectés par des émetteurs adjacents se superposent pour créer une bande irriguée. En goutte-à-goutte superficiel, la surface du sol arrosé constitue une fraction de la surface totale du sol. Un bulbe est formé sous chaque émetteur. Les dimensions du bulbe dépendent du type de sol et du débit de l'émetteur. En terrain sableux, le bulbe est réduit et à peine discernable. Dans des sols de texture lourde, le diamètre du bulbe est plus grand. La distribution de l'eau dans le sol suit un schéma à trois dimensions, à mettre en parallèle avec le modèle de percolation verticale uni dimensionnelle typique de l'irrigation par submersion ou par aspersion, qui humecte la totalité de la surface du sol. En goutte-à-goutte souterrain, le modèle d'humidification du sol est entièrement différent. L'eau se déplace vers le bas, latéralement et également vers le haut.

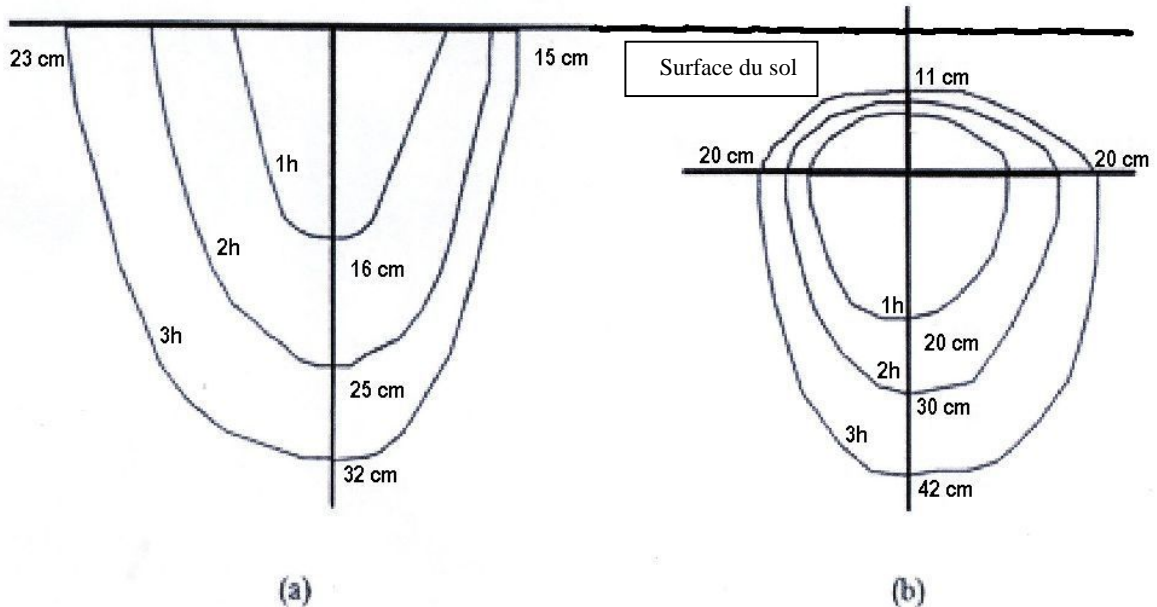


Fig. 4. Distribution de l'eau dans le sol en fonction du temps: (a) Cas du goutte-à-goutte superficiel (b) Cas du SDI

Deux forces motrices affectent simultanément le mouvement de l'eau dans le sol: la gravité et la capillarité. La gravité attire l'eau vers le bas. La force de capillarité l'entraîne dans toutes les directions. L'équilibre entre ces deux forces détermine le modèle de distribution de l'eau dans le sol.

Ces modèles de distribution affectent le développement des racines dans le sol ainsi que la diffusion et l'accumulation des produits chimiques dissous dans l'eau: éléments nutritifs et sels.

#### Modèles de distribution de l'eau dans le sol

Les principaux facteurs affectant le modèle de distribution de l'eau et des éléments solubles dans le volume de sol humecté sont:

### ***Les propriétés du sol***

Les forces capillaires sont plus prononcées que la gravité dans les sols à texture fine, provoquant une extension d'humidité horizontalement plutôt qu'en profondeur. Le bulbe humide obtenu a la forme d'un oignon. Dans une terre franche, il prend celle d'une poire, et dans un sol de texture lourde, d'une carotte, le mouvement vertical de l'eau étant plus important que l'horizontal.

La distribution de l'eau est également influencée par la structure du sol. Les couches compactes et la stratification horizontale favorisent le mouvement horizontal de l'eau aux dépens de la percolation verticale. A l'inverse, une structuration verticale dans un sol compact contribue à drainer l'eau vers le bas, entraînant l'humidification partielle des couches supérieures du sol.

### ***La position des canalisations latérales***

- Le diamètre maximum du bulbe humide formé par les goutteurs des canalisations latérales *en surface* est de 10 à 30 cm de profondeur – c'est-à-dire à proximité de la surface du sol.
- Le diamètre maximum du bulbe humide formé par les goutteurs des canalisations latérales *souterraines* se situe au niveau de la profondeur de la canalisation.

La taille verticale du bulbe humide sous l'émetteur en SDI est d'environ  $\frac{1}{4}$  de sa largeur dans un sol sableux et approximativement  $\frac{1}{2}$  de sa largeur dans un sol salé et argileux.

### ***Le débit de l'émetteur***

Pour la même durée d'irrigation et un volume d'eau appliqué identique mais un nombre de goutteurs différents:

- Un débit plus faible provoque la formation d'un bulbe plus étroit et plus profond.
- Un débit plus élevé provoque la formation d'un bulbe plus large et moins profond. Les goutteurs en surface provoquent la création d'une tache d'humidité en surface plus large et de diamètre horizontal plus grand qu'avec des débits plus faibles.
- 

▪

**L'écartement des goutteurs**

Pour la même durée d'irrigation et un volume d'eau appliqué identique:

Un faible espacement avec chevauchement crée une zone d'humidification plus étroite et plus profonde. L'espace horizontal mouillé par les goutteurs augmente jusqu'à ce que les cercles adjacents se chevauchent. Ce stade atteint, l'eau se dirige essentiellement vers le bas.

Un espacement large crée une extension d'humidité plus large et moins profonde.

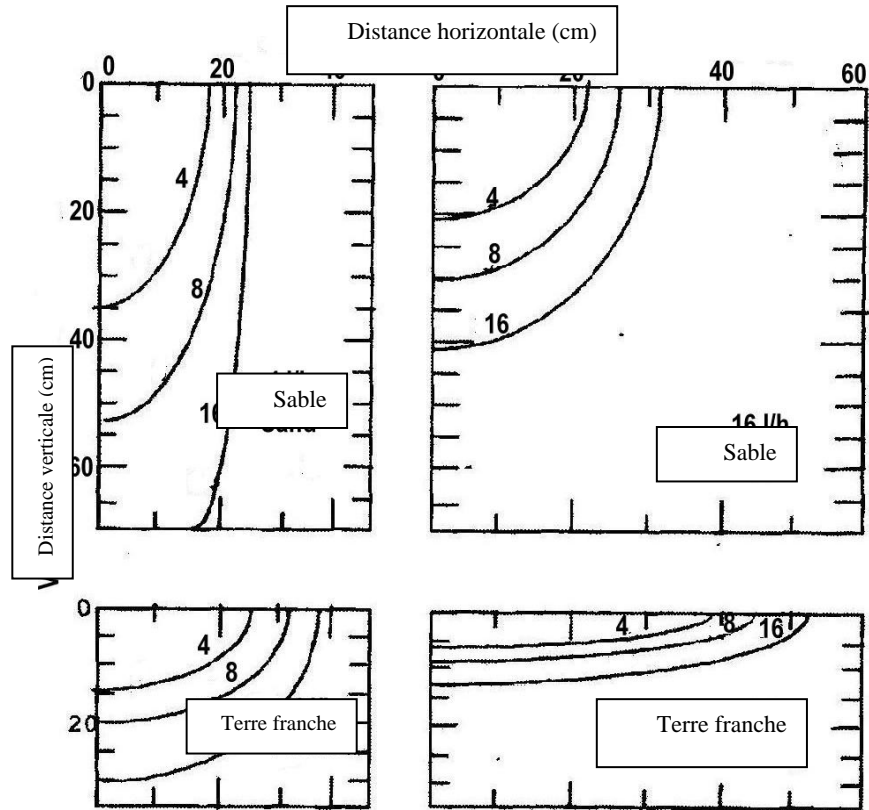


Fig. 5. Influence du débit du goutteur (4 et 16 l/h) et de la dose d'eau (4, 8 et 16 l) sur l'extension du bulbe humidifié dans une terre franche et dans un sol sableux.

D'après Bressler 1977

**Le dosage de l'eau**

Le volume du bulbe humide se développe en largeur et en profondeur en fonction de l'augmentation de la dose d'eau appliquée.

**La composition chimique de l'eau**

Les composants chimiques dissous dans l'eau peuvent également modifier la forme du bulbe d'irrigation. Les détergents et autres surfactants contenus dans l'eau de récupération et les eaux de pluie réduisent la tension d'humidité et le mouvement horizontal.

La baisse de la tension d'humidité augmente l'impact de la gravité aux dépens des forces capillaires, provoquant un rétrécissement et un approfondissement de la zone irriguée.

**Distribution des sels et des éléments nutritifs**

Les sels dissous ont tendance à s'accumuler à la périphérie du bulbe, où le sol contient moins d'eau, en particulier à la surface. Un anneau salin se développe autour des zones d'humidification circulaires à la surface du sol, ainsi qu'une zone d'accumulation de sels dont la profondeur dépend de l'efficacité du lessivage. Une bonne gestion de l'irrigation au goutte-à-goutte à une fréquence adéquate permet le réapprovisionnement en eau du sol et le maintien d'une faible concentration de sels solubles. Les éléments nutritifs apportés avec l'eau d'irrigation suivent le même modèle de distribution.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

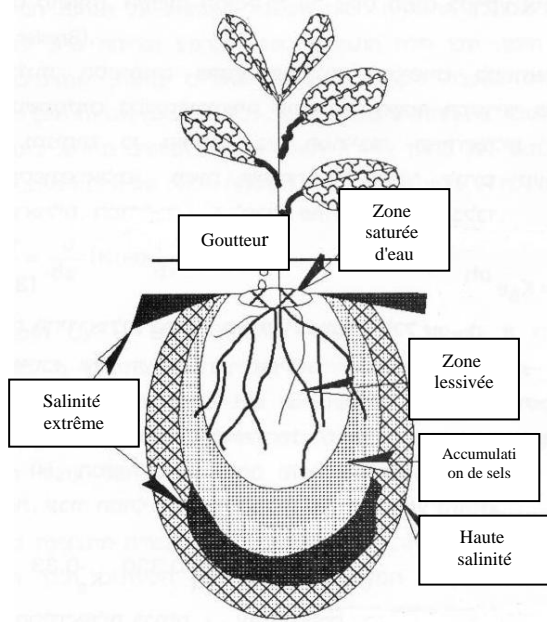


Fig. 6. Mouvement du sel dans le bulbe humide

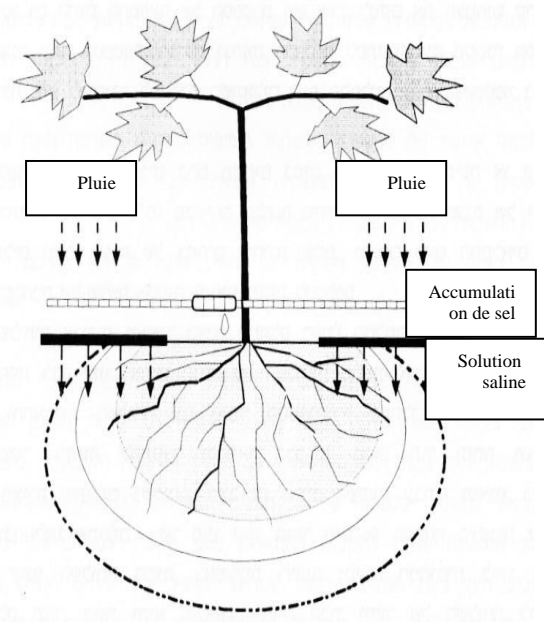


Fig. 7. Lessivage du sel par la pluie vers la zone racinaire effective

Adapté de Kremmer et Kenig, 1996

L'accumulation de sels à la surface du sol et dans la couche supérieure requiert la mise en œuvre de mesures préventives dès les premières pluies suivant la saison sèche. Il est nécessaire d'irriguer tant qu'il pleut pour éviter l'accumulation des sels lessivés de la surface du sol vers la zone racinaire effective.

### Propriétés du sol affectant le mouvement de l'eau

Comme il a été mentionné ci-dessus, les propriétés du sol affectent le mouvement de l'eau dans le sol ainsi que la forme du bulbe.

L'équilibre entre les mouvements verticaux et horizontaux est déterminé par les propriétés du sol comme la porosité et le taux de percolation, qui dépendent elles-mêmes de sa conductivité hydraulique. Celle-ci est exprimée en unités de vitesse (longueur/temps) par unité de profondeur humidifiée (m/sec). Un sol donné ne possède pas de valeur de conductivité hydraulique constante. Dans un seul et même sol, celle-ci est plus grande quand il est saturé que lorsqu'il se trouve dans un état de non saturation. La conductivité hydraulique dépend également du degré de stratification, de la présence de couches de sol compact ainsi que de l'humidité du sol avant irrigation. Bien que différents modèles mathématiques aient été développés pour prévoir le flux de l'eau, il est préférable d'utiliser des techniques empiriques sur le terrain afin d'estimer la taille et le volume du bulbe humidifié.

Lorsque les plantes ne consomment pas d'eau, comme c'est le cas la nuit, le volume du bulbe humide dépend du volume d'eau appliqué par le goutteur et du changement de son propre contenu en eau.

$$V = L \times [100/(Mf-Mi)]$$

Où

V = volume de sol humecté l.



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

L = quantité d'eau appliquée %

Mf est le pourcentage moyen d'eau contenue par unité de volume dans la zone humectée après irrigation et Mi le pourcentage moyen d'eau contenue dans le sol par unité de volume avant irrigation.

Par exemple, si 100% d'eau était appliqué la nuit et que l'eau contenue dans le bulbe humide augmentait de 10% par volume, le volume humecté serait de 1000 % (1m<sup>3</sup>) de sol.

$$M_f - M_i = 10\%$$

$$V = 100l \times (100/10) = 1000l$$

### **Largeur et profondeur de la zone humectée**

Dans le but de choisir le goutteur le plus adapté et de déterminer l'espacement entre les canalisations latérales d'une part, et entre les goutteurs situés sur ces canalisations d'autre part, il est absolument recommandé de réaliser une estimation approfondie de l'humidification du sol par les goutteurs.

Une façon simple de pratiquer cette estimation est de partir de la supposition selon laquelle les forces capillaires conduisent le flux de l'eau à la même vitesse dans toutes les directions en même temps que la gravité la pousse vers le bas. L'équilibre entre ces deux forces détermine les dimensions du bulbe humide et le ratio entre les axes horizontal et vertical. Lors du processus d'humectage d'un sol sec, le mouvement des forces gravitaires conduisant l'eau vers le bas vers les zones non capillaires est beaucoup plus rapide que le mouvement capillaire horizontal. Quand les zones non capillaires se remplissent d'eau, le mouvement horizontal devient plus prononcé. Ce phénomène se produit plus rapidement lorsque le débit est plus élevé, par conséquent le diamètre du bulbe humidifié par les goutteurs est plus large à fort débit. La même chose se passe dans des sols à texture fine. La percolation gravitaire verticale est plus lente et les vides capillaires se remplissent plus rapidement.

Schwarzman et Zur ont développé une formule semi empirique pour l'estimation des dimensions de la zone humectée:

$$W = K_3 (Z)^{0.35} (q)^{0.33} (K_s)^{-0.33}$$

Où: W = largeur maximum du bulbe humide (et non de la zone humectée à la surface du sol)

K<sub>3</sub> = 0.0094 (coefficient empirique)

Z = profondeur souhaitée de la zone d'irrigation – m (en relation avec la profondeur racinaire effective)

q = débit du goutteur l/h

K<sub>s</sub> = conductivité hydraulique à saturation m/s (doit être mesurée en laboratoire, ou prise sur un tableau)

Les résultats obtenus par cette formule sont dans de nombreux cas différents des mesures prises empiriquement sur le terrain, puisque la conductivité hydraulique est déterminée en laboratoire ou sur un échantillon de sol non représentatif. Dans la

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

mesure du possible, il est recommandé de déterminer les dimensions de la zone humectée dans un sol adapté sur le terrain.

La distribution des éléments nutritifs appliqués par fertigation est en grande partie déterminée par l'interaction entre les ions nutritifs et le sol.

Les ions de potassium sont absorbés par la surface des constituants minéraux argileux; leur acheminement par l'eau d'irrigation dans des sols à texture fine ou dans une terre franche est donc limité et la plus grande partie du potassium appliqué demeure dans les couches supérieures du sol.

Le phosphore est précipité sous forme de sels insolubles, en même temps que le calcium et le magnésium dans un sol à pH de base ou neutre, et avec le fer et l'aluminium dans les sols acides. Dans ces cas, il reste dans la couche supérieure du sol. En SDI, l'apport du phosphore aux couches plus profondes augmente son absorption par le système racinaire.

### **DEVELOPPEMENT DU SYSTEME RADICULAIRE EN IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE**

C'est un fait connu que le régime d'irrigation et la distribution de l'eau dans le sol affectent le développement du système racinaire.

Chaque famille de plante possède un système racinaire spécifique, découlant des conditions de culture dans son milieu d'origine et de son adaptation à l'environnement agricole local.



**Fig. 8. Systèmes racinaires variés**

Comme il apparaît dans le dessin ci-dessus, les systèmes racinaires peuvent être superficiels ou en profondeur, denses, ramifiés ou clairsemés, la plupart du temps sans rapport avec le feuillage de la plante.

Le système racinaire, ainsi que les propriétés du sol, sont des facteurs importants dans la détermination de l'espacement des goutteurs et la programmation du régime d'irrigation. Les systèmes racinaires superficiels et clairsemés requièrent un espacement serré des goutteurs et de fréquentes irrigations, alors que les systèmes profonds et ramifiés autorisent un espacement plus large et des arrosages plus espacés dans le temps.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Les applications d'eau fréquentes et en petite quantité de l'irrigation au goutte-à-goutte provoquent le développement de systèmes racinaires superficiels et compacts. Ceci augmente la sensibilité des cultures à la chaleur et à la tension d'humidité. Les grandes plantes aux systèmes racinaires superficiels sont plus facilement déracinables par forts orages.

D'un autre côté, en raison de l'amélioration de l'aération du sol et de sa nutrition dans le bulbe irrigué au goutte-à-goutte, la densité du système racinaire effectif est beaucoup plus élevée que celle du système racinaire d'une plante irriguée par aspersion.

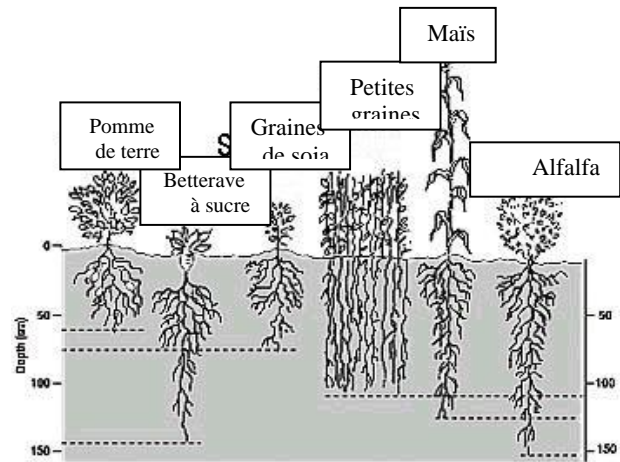


Fig. 9 Systèmes racinaires particuliers de quelques cultures

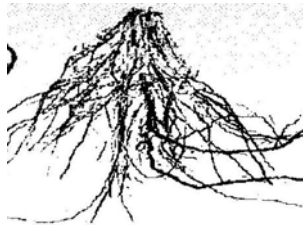
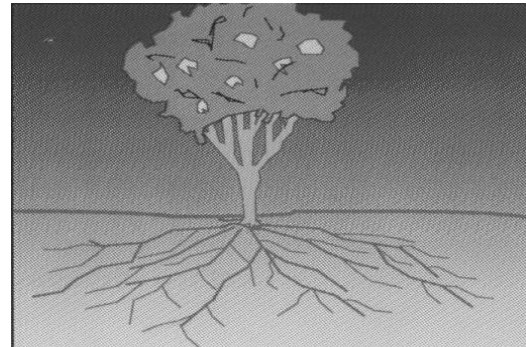
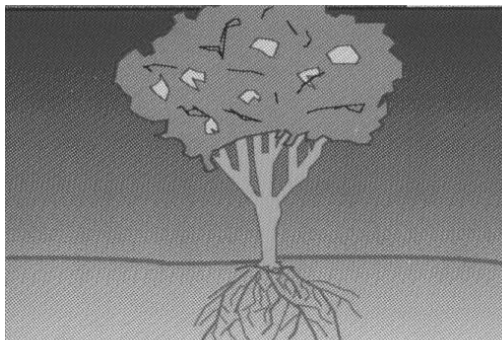


Fig. 10. Systèmes racinaires: irrigué au goutte-à-goutte (à gauche) et par aspersion (à droite) par courtoisie de "Netafim"

Le système racinaire effectif et la plus grande partie des poils de racines des arbres fruits irrigués au goutte-à-goutte sont concentrés dans le bulbe humide. La partie la plus dense du système racinaire effectif est située dans les couches supérieures aérées, où il n'y a pas d'accumulation de sels. A la périphérie du bulbe, où les sels s'accumulent, les racines sont clairsemées.

Les arbres fruitiers toujours verts comme l'avocatier et le citronnier développent sous goutte-à-goutte des systèmes racinaires plus superficiels que ceux des arbres fruitiers et des vignes perdant leurs feuilles. Ceci détermine le régime d'irrigation et nécessite l'ajout d'une seconde canalisation latérale par rangée sur des sols légers.

En SDI, le modèle racinaire est différent. Les racines se concentrent principalement sous les latéraux et entre eux. Seule une infime partie des racines se développe au-dessus des canalisations latérales, en raison de la haute salinité de ces couches de sol.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Chapitre 4. LE SYSTEME DE GOUTTE-A-GOUTTE

Bien que les goutteurs constituent le dispositif central du système d'irrigation au goutte-à-goutte, celui-ci se compose de plusieurs autres éléments. Ceux-ci doivent être compatibles entre eux et adaptés aux exigences des cultures ainsi qu'aux caractéristiques de la parcelle irriguée.

Ces éléments se répartissent en six catégories principales :

1. une source d'eau : système de pompage à partir d'une source superficielle ou souterraine, ou en connexion à un réseau d'approvisionnement public, commercial ou coopératif.
2. un système de distribution : conduite principale, canalisations secondaires et collecteurs (tuyaux d'alimentation)
3. des rampes latérales
4. des accessoires de contrôle : valves, compteurs d'eau, régulateurs de pression et de débit, dispositifs automatiques, dispositifs anti-retour, valves anti-vide, valve de vidange d'air etc.
5. un système de filtrage
6. un équipement d'injection de produits chimiques : éléments nutritifs pour les plantes et agents de traitement de l'eau.

### La station de pompage / L'unité de tête

Il existe deux sources d'approvisionnement en eau possible: un pompage indépendant à partir d'une source superficielle (rivière, cours d'eau, mare ou lac de retenue) ou souterraine (puits), ou bien une connexion à un réseau d'approvisionnement commercial, public ou coopératif.

Dans le cas du pompage indépendant, la pompe est choisie en fonction des conditions de décharge et de pression dans la zone irriguée. Dans le cas de la connexion à un réseau d'approvisionnement, le diamètre de connexion, la valve principale et la conduite de distribution d'eau doivent correspondre au débit programmé et à la pression de service requise, avec un minimum de perte de pression par friction

### Le système de distribution

**Les conduites maitresses de distribution et de répartition** : les conduites sont fabriquées en PVC ou en polyéthylène (PE). Les tuyaux en PVC sont installés en sous sol, car ils ne disposent généralement pas de protection anti-UV. Les tuyaux PE sont posés sur le sol ou légèrement recouverts, car ils contiennent du carbone noir, fournissant une protection contre les UV. La PN (pression de service nominale) des

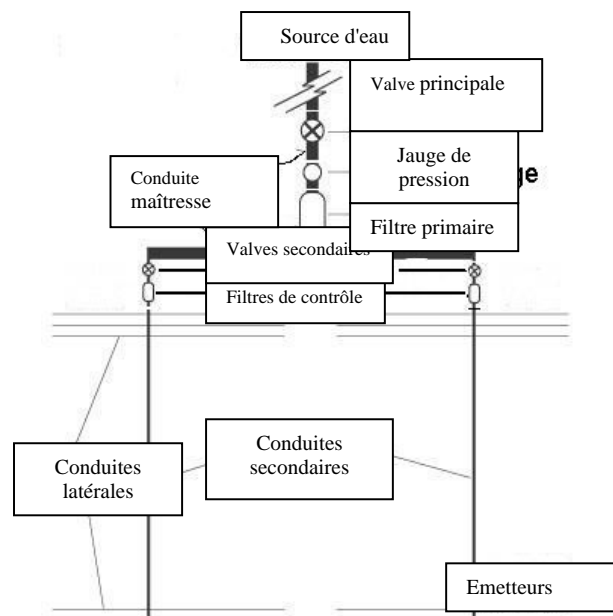


Fig. 11. Schéma simplifié d'irrigation au goutte-à-goutte

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

tuyaux doit être supérieure de celle des canalisations latérales, surtout si le système doit résister à la pression valves fermées. La PN la plus courante est de 6 à 8 bar (60 à 80 m hauteur de pression).

### **Les conduites maitresses secondaires**

Les conduites maitresse secondaires sont installées sur le sol ou legerement recouvertes. Les tuyaux enterrés sont en PVC ou en PE, alors que les conduites superficielles sont en PE uniquement. Dans le cas de systèmes de goutte-à-goutte de récupération pour l'irrigation des cultures annuelles (système installé en début de saison agricole et récupéré à la fin), les tuyaux en surface peuvent être fabriqués en P.E., en aluminium ou se présenter comme une gaine de vinyl souple. Cette gaine est résistante et reste posée à plat quand elle n'est pas utilisée, permettant le passage des équipements mécaniques. Le boyau souple, les connecteurs et les tuyaux d'alimentation sont récupérés en fin de la saison et réutilisés pour l'irrigation d'une autre parcelle ou stockés jusqu'à la saison suivante. Les tuyaux en PE de diamètre large sont plus rigides et s'enroulent difficilement à la fin de la saison.

### **Les collecteurs**

Dans certaines circonstances, lorsque les rangées de culture sont trop longues ou les conditions topographiques trop difficiles, la subdivision de la parcelle par les conduites secondaires est insuffisante et un niveau de ramification de l'irrigation supplémentaire est installé sous forme de collecteurs.

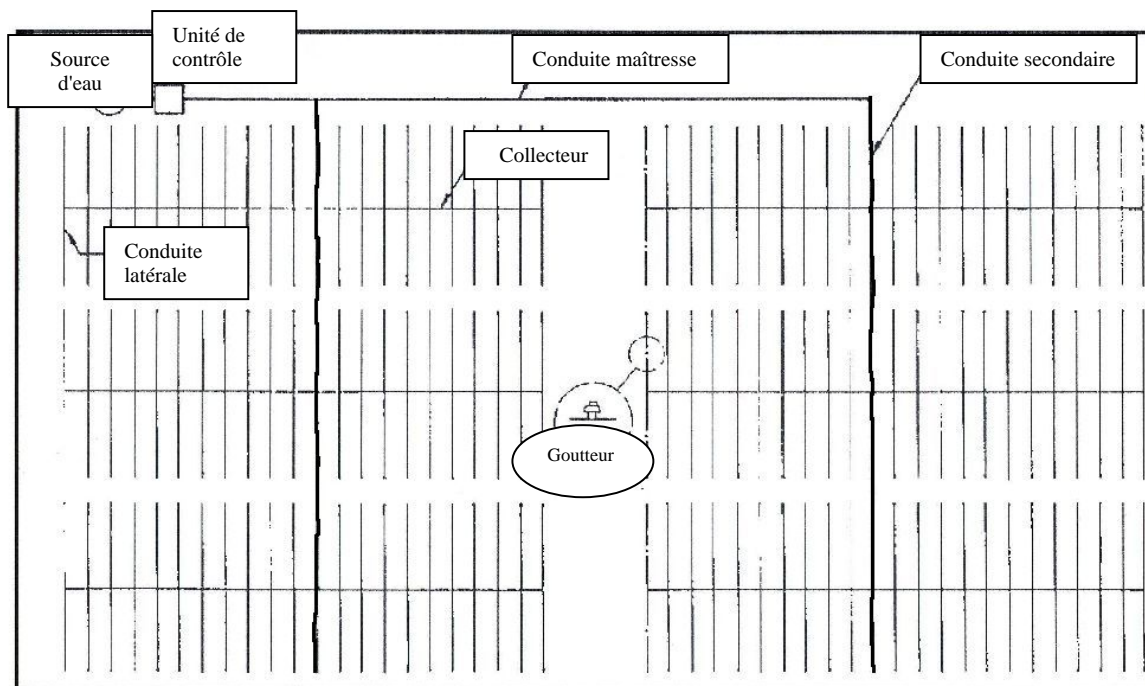


Fig. 12. Configuration type d'un système d'irrigation au goutte-à-goutte

### **Les rampes latérales**

Les rampes latérales sont reliées à la conduite secondaire ou aux collecteurs. Ils sont fabriqués en PELD (polyéthylène de faible densité). Il existe différents types de connexion entre les conduites secondaires, les collecteurs, et les rampes latérales. Les connecteurs doivent être capable de résister à la fois la pression de service

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

normale, aux pics de pression et aux coups de béliers. Les rampes latérales peuvent être soit posées sur le sol soit souterraines (SDI). Dans le cas des légumes cultivés sous paillage de plastique, elles sont fréquemment enterrées superficiellement, à 5/10 cm sous la surface du sol.

Il existe deux types de rampes latérales de base: les latéraux aux parois épaisses munis de goutteurs internes ou externes, et les lignes de goutte-à-goutte à paroi fine avec un circuit à flux turbulent intégré : incorporés à l'intérieur de la gaine pendant le processus d'extrusion. Le tuyau se rétrécit quand il n'est pas sous pression. Les latéraux à parois fines ont une PN de 1 à 2 bar (10 à 20 m), celle des tuyaux allant de 0.4 à 1 bar (4 à 10 m).

### Les accessoires de contrôle et de surveillance

#### Valves et jauges

L'irrigation de plusieurs parcelles, dont chacune présente des besoins en eau différents, à partir d'une même source d'eau, nécessite une subdivision de la surface irriguée en secteurs, contrôlés chacun par une valve. Celles-ci peuvent être actionnées manuellement ou automatiquement. Les compteurs d'eau ainsi que les valves volumétriques sont utilisés pour mesurer et contrôler l'approvisionnement en eau des divers secteurs.

Les régulateurs de pression sont utilisés pour empêcher la surpression.

La mise en place d'un clapet anti-retour/ anti-siphon est nécessaire si l'eau provient d'un puits ou d'une source d'eau municipale servant également à l'approvisionnement en eau potable, lorsque les engrais ou les autres produits chimiques sont injectés dans le système d'irrigation.

Des valves de vidange d'air doivent être installées aux points culminants du système pour éviter l'ingérence de l'air dans le flux de l'eau, le frottement trop fort des parois du tuyau ou l'éclatement de celui-ci par sur-pression.

Les dispositifs anti-vide sont utilisés pour éviter l'affaissement des tuyaux dans les pentes raides. Ils sont particulièrement nécessaires dans les systèmes de SDI pour empêcher la succion des particules de sol dans les goutteurs après la fermeture de l'eau.

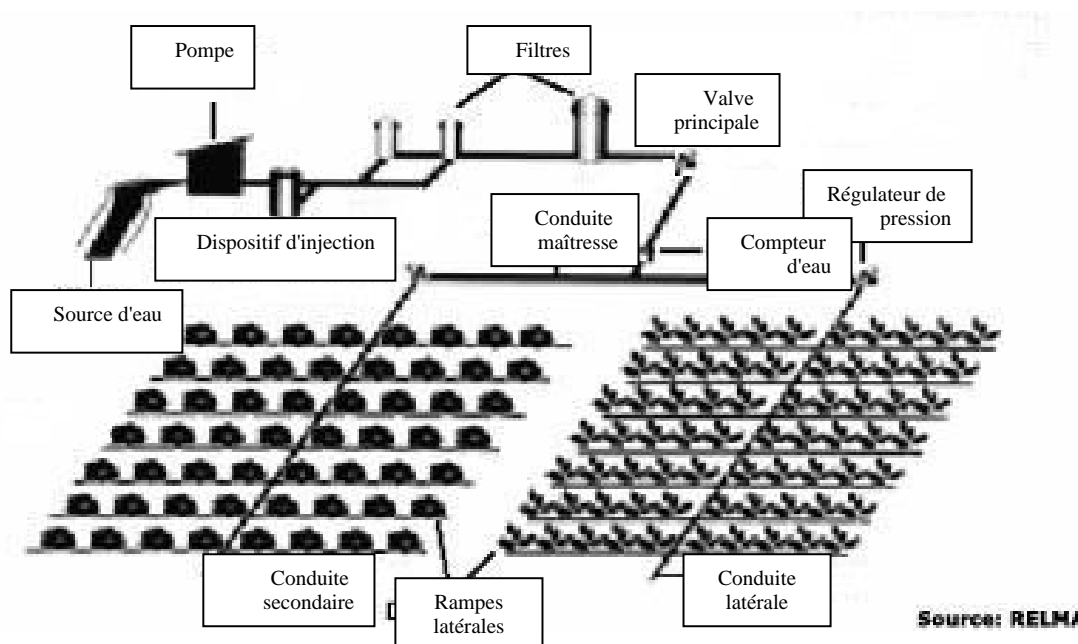




Fig. 13. Composants du système d'irrigation au goutte-à-goutte

### **La filtration**

Les étroits passages des émetteurs sont susceptibles d'être obstrués par des matières en suspension et des précipités chimiques contenus dans l'eau d'irrigation. Trois dispositions différentes peuvent être prises en vue de prévenir cette obstruction:

- Une séparation préliminaire des particules solides en suspension par tank de séparation par gravité ou filtres à sable.
- La filtration de l'eau d'irrigation
- Les traitements chimiques de décomposition des matières organiques en suspension, entravant le développement de mucosités par des microorganismes et le dépôt de précipités chimiques

Les filtres sont généralement installés dans l'unité de contrôle. Lorsque l'eau d'irrigation est fortement contaminée, un système de filtration principal est installé dans l'unité centrale et un système secondaire dans l'unité de contrôle sectorielle. Les filtres doivent être lavés à grande eau et nettoyés quotidiennement. Le nettoyage peut être manuel ou automatique. Le back-flushing automatique des filtres media (nettoyage par procédé d'osmose inverse) est réalisé avec de l'eau filtré, désormais les filtres sont installés par paire et se nettoient mutuellement alternativement..

### **Les appareils d'injection de produits chimiques**

Trois types de produits chimiques sont injectés par les systèmes de goutte-à-goutte: les engrais, les pesticides et les agents anti-obstruants. Les engrais sont les produits chimiques les plus couramment injectés: la possibilité de nourrir la plante "à la cuillère" contribue à l'augmentation des rendements obtenus par le goutte-à-goutte.

Les pesticides systémiques sont injectés par les systèmes de goutte-à-goutte pour traiter les insectes et protéger les plantes de certaines maladies.

Des produits chimiques pour nettoyer les goutteurs ou empêcher les phénomènes d'obstruction sont également injectés.

Le chlore est employé pour empêcher la formation d'algues et autres microorganismes et pour dissoudre les matières organiques, les acides étant utilisés pour modifier le pH de l'eau et dissoudre les précipités chimiques.

Les différents types d'appareils d'injection sont décrits dans le chapitre sur la fertigation.



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

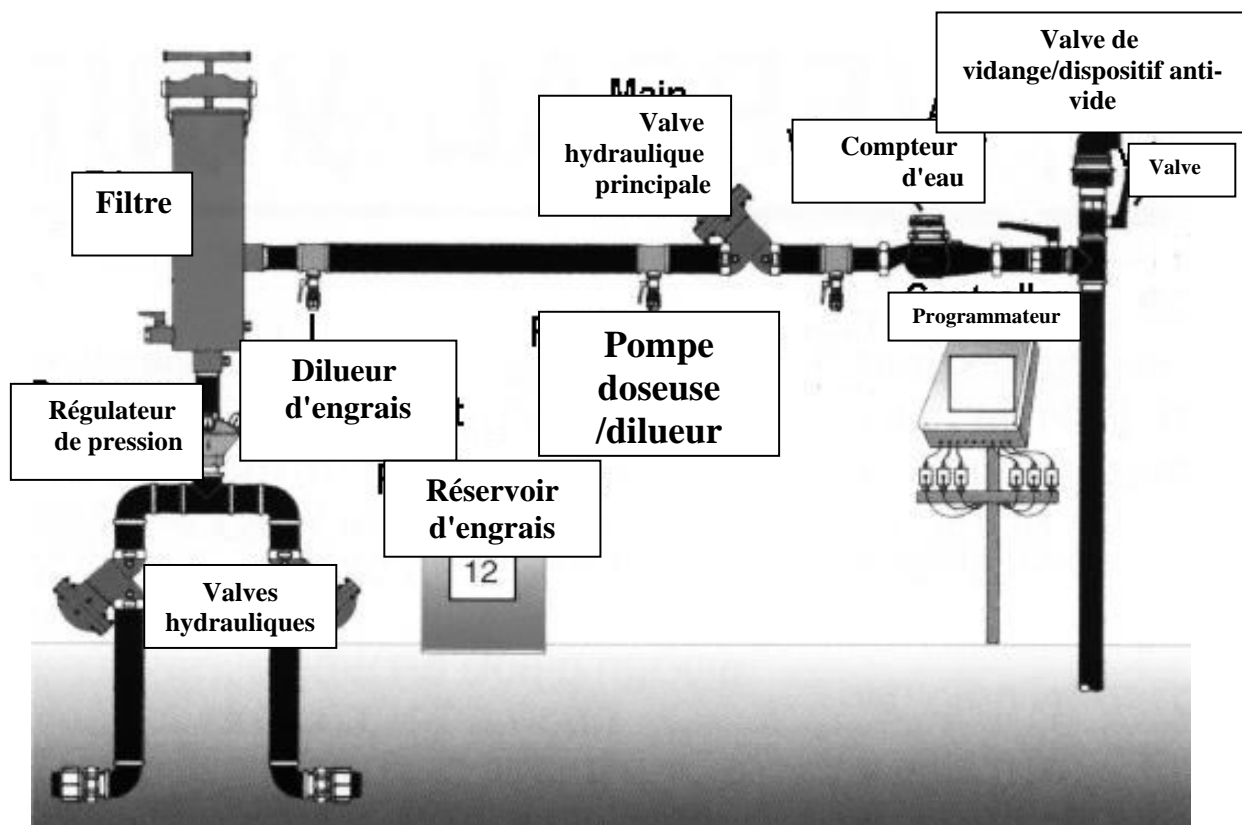


Fig. 14. L'unité de tête par courtoisie de "Netafim"

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Chapitre 5. TYPES, STRUCTURE, FONCTIONNEMENT ET PROPRIETES DES GOUTTEURS

### Introduction

Le goutteur est le dispositif central du système d'irrigation au goutte-à-goutte. Les goutteurs sont de petits émetteurs en matière plastique. La conception et la production d'un goutteur de haute qualité est un processus délicat et compliqué. Pour fabriquer les goutteurs les plus efficaces possible, il est nécessaire de faire des compromis prenant en compte des exigences diverse et contradictoires.

La caractéristique fondamentale d'un goutteur est son faible débit, allant de 0.1 à 8 litres par heure (l/h). Ce faible débit peut être obtenu par divers moyens. Le débit est déterminé par le modèle et les dimensions du circuit d'eau, ainsi que par la pression et par l'orifice du goutteur. Plus la coupe transversale du circuit est étroite, plus le débit du goutteur à une pression donnée sera faible. Néanmoins, plus le passage d'eau est étroit, plus le risque d'obstruction du goutteur par des particules solides en suspension et par des précipités de produits chimiques est élevé.

Dans la mesure où la pression de l'eau à la sortie du goutteur est un facteur clé dans la détermination du débit, une réduction de cette pression est susceptible d'en abaisser le taux, même si l'ouverture du goutteur est relativement large. La baisse de pression peut être obtenue de diverses façons:

**Gabarit du circuit d'écoulement:** à l'origine, la méthode initiale utilisée pour réduire la pression était de faire s'écouler l'eau à travers un long passage le long d'un minuscule micro tube, le frottement de l'eau contre la paroi du micro tube provoquant d'importantes pertes de pression. Les facteurs affectant le degré de cette perte de pression sont: la longueur et le diamètre du micro tube, la rugosité de sa paroi, le type de flux et sa vitesse. Au début, les micros tubes étaient fixés aux canalisations latérales et apportaient l'eau au point d'application désiré. Puis, ils furent enroulés autour des latéraux et finalement on construisit des goutteurs intégrés munis d'un circuit d'eau en spirale. Le circuit laminaire était problématique. La longue trajectoire de l'eau et la lenteur du débit conduisait à une précipitation de produits chimiques qui réduisait le débit du goutteur ou le bouchait complètement.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Le circuit en labyrinthe est d'une conception plus avancée. L'eau s'écoule le long d'un labyrinthe dans lequel le flux change de direction de façon intermittente, passant en mode turbulent avec des pertes de pression élevées sur un parcours beaucoup plus court, en comparaison du goutteur à spirale, ce qui permet de fabriquer des goutteurs plus petits et meilleur marché. Un autre avantage de ce modèle est la moindre accumulation d'impuretés (particules et précipités de produits chimiques). Dans un modèle plus récent, le circuit en labyrinthe a été modifié pour adopter une forme de zigzag dentelé, possédant une meilleure uniformité de pression, autonettoyant. Le Turbonet de "Netafim" constitue un progrès encore plus sophistiqué du circuit dentelé, permettant un raccourcissement du parcours et un élargissement du passage d'eau.

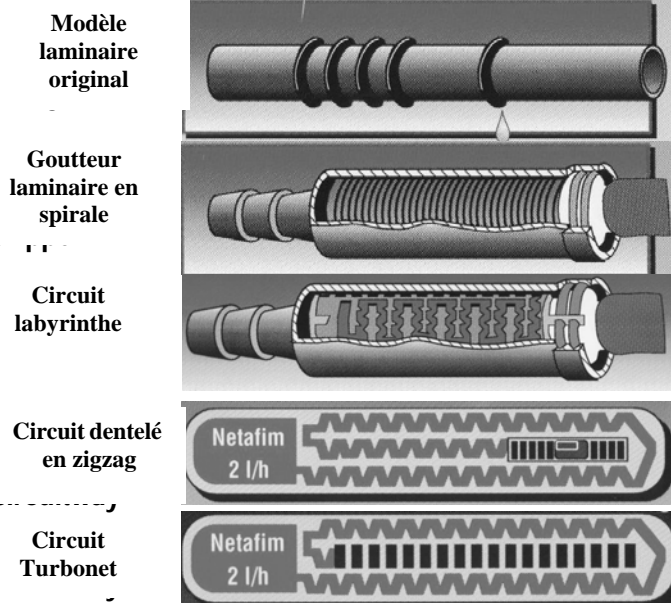


Fig. 22. Evolution du modèle de circuit dans le goutteur Par courtoisie de "Netafim"

Le flux turbulent possède l'avantage de nettoyer les recoins du circuit d'eau.

Le système vortex constitue un autre moyen de dissipation de la pression de façon significative sur un parcours restreint. L'eau pénètre tangentielle dans le goutteur et s'écoule à travers un tourbillon en spirale, provoquant une perte de pression sur un parcours encore plus court, et réduisant encore les risques de colmatage.



Fig. 23. Flux turbulent tiré de la brochure DIS

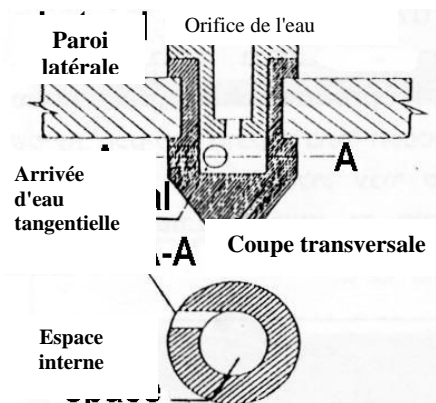
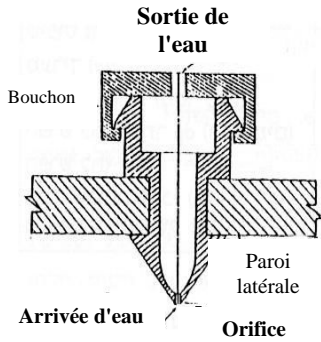


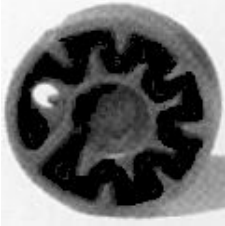
Fig. 25. Goutteur Vortex D'après Karmeli & Keller, 1975

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

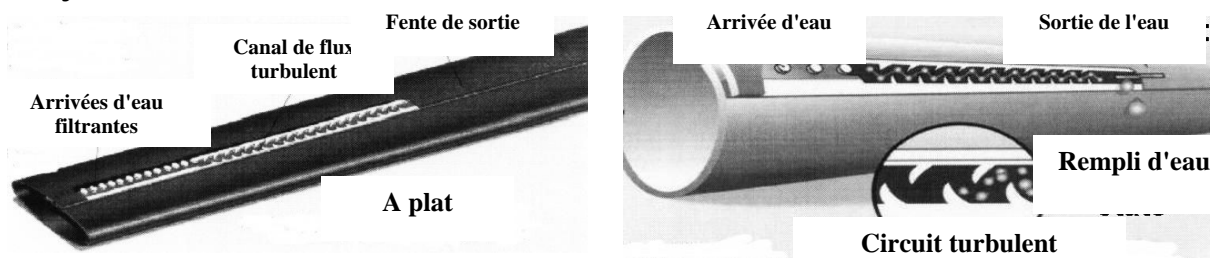


**Fig. 24. Goutteur à orifice**

D'après Karmeli & Keller, 1975



**Fig. 26. Goutteur bouton à labyrinthe ("Netafim")**



**Fig. 27 Ruban latéral de goutte-à-goutte: vide (à gauche) et rempli d'eau (à droite)** D'après la brochure T-Tape brochure

Les systèmes de distribution de l'eau sont classés en fonctions de divers paramètres:

### **Application latérale**

#### ***L'irrigation localisée en surface***

C'est la technique d'irrigation la plus courante. Elle permet un contrôle satisfaisant du colmatage des goutteurs et autres difficultés susceptibles d'apparaître au cours du processus d'irrigation. Par contre, cette méthode ne prévient pas les dommages mécaniques et la dégradation du matériel par la radiation solaire. Elle peut d'autre part interférer avec d'autres activités agricoles et requiert l'installation et la récupération des rampes latérales lors de l'irrigation des cultures annuelles. Dans les vignes et dans certains vergers d'arbres fruitiers perdant leurs feuilles (pommiers et poiriers) cultivés sous la forme élaguée de "palmette", les rampes latérales sont rattachées aux treillis, dans le but d'améliorer le contrôle du fonctionnement des goutteurs et de diminuer le risque de dégradation mécanique.

#### ***Système enterré (SDI)***

Cette technique a connu son essor pendant les vingt dernières années. Bien qu'il occasionne des coûts supplémentaires pour l'enterrement des rampes latérales dans

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

le sol, ce système simplifie le processus d'irrigation et minimise les interférences avec les autres activités réalisées simultanément dans le champ. La SDI permet une plus grande économie d'eau et une meilleure utilisation des engrais que dans un système d'irrigation de surface. Elle diminue la quantité de mauvaises herbes. Son principal inconvénient est la sensibilité au colmatage des goutteurs par des intrusions de racines et la succion de particules de sol, qui doit être évitée par un choix d'équipements adaptés, une installation appropriée et des habitudes d'entretien strictes.

### **L'installation des points d'eau le long des rampes latérales**

On distingue deux types de disposition des goutteurs sur les rampes latérales qui affectent le modèle de répartition de l'eau dans le sol:

#### ***Les sources en points localisés***

Les goutteurs sont disposés le long des rampes latérales selon un espacement déterminant un volume de sol humidifié par chaque émetteur distinct, sans chevauchement provoqué par la proximité des goutteurs adjacents. Cette disposition est privilégiée pour l'irrigation des vergers et des cultures annuelles sur des grands espaces, réalisée par des rampes latérales aux parois fines.

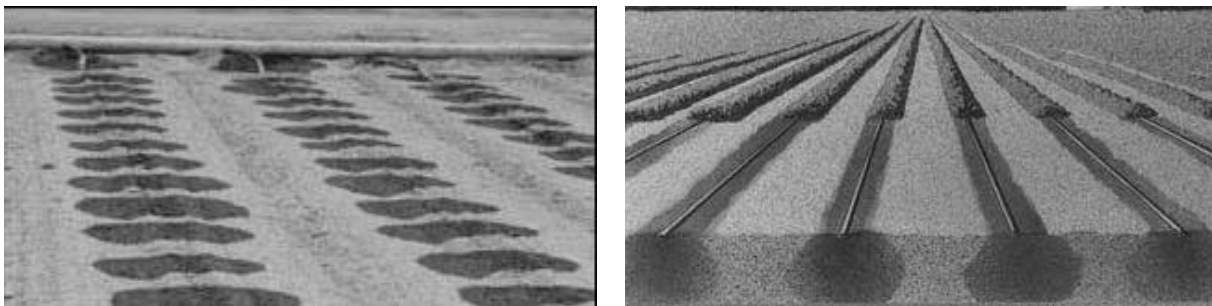


Fig. 28. Humidification par les goutteurs par point source (à gauche) et par ligne source (à droite)

#### ***Les sources en ligne continue***

Dans la seconde disposition, les goutteurs sont installés à proximité les uns des autres le long de la rampe latérale, créant un chevauchement des bulbes humidifiés par les goutteurs adjacents. Cette structure est adoptée dans le cas des cultures annuelles denses, irriguées par tuyaux.

### **Types de rampes latérales**

#### ***Les canalisations latérales aux parois épaisses***

Les canalisations latérales aux parois épaisses sont des tuyaux de polyéthylène à faible densité (LDPE) de 12 à 25 mm de diamètre externe et de 1 à 2 mm d'épaisseur. Les goutteurs, externes ou internes, sont espacés de 10 à 100 cm les uns des autres. La pression ordinaire de l'eau (PN) est de 1 à 4 bar (10 à 40 m).

#### ***Les canalisations latérales aux parois fines***

Les canalisations latérales aux parois minces sont fabriquées en LDPE, néanmoins leurs parois n'ont que 0.1 à 0.5 mm d'épaisseur et leur PN de 0.1 à 1 bar (1 à 10 m). Les rampes latérales peuvent être munies de goutteurs moulés ou insérés dans le

tuyau. Il existe aussi des conduites équipées de circuits contigus intégrés de dissipation de pression.

### Structure et caractéristiques du circuit d'eau

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, les différents modèles des goutteurs ont pour principaux objectifs la dissipation de la pression réduisant le débit, la diminution des risques de colmatage et la baisse du coût de l'émetteur. Ces objectifs peuvent être atteints de différentes manières, comme indiqué ci-dessous:

#### ***Parcours long***

L'eau s'écoule à travers un long et étroit micro tube. Celui-ci peut être étiré (spaghetti) ou prendre la forme d'une spirale intégrée au goutteur. Le flux de l'eau est laminaire et la dissipation de la pression est provoquée par le frottement avec les parois du tube et la friction interne entre les molécules d'eau. La décharge (débit) des goutteurs au flux laminaire est nettement plus sensible aux changements de pression.



Fig. 29 Goutteur barbé laminaire interne (à gauche, "Netafim") et goutteur turbulent intégré (à droite, "Drip-In")

#### ***Le parcours en labyrinthe***

L'eau s'écoule à l'intérieur d'un labyrinthe qui change de direction au hasard, provoquant une turbulence. Le changement fréquent de direction à l'intérieur du labyrinthe déclenche de fortes pertes d'énergie réduisant le débit le long d'un circuit relativement large. Ce modèle est plus efficace que le laminaire pour dissiper la pression. Il permet des circuits d'eau plus larges et réduit les précipitations de produits chimiques et les particules. Le débit est moins affecté par les changements de pression dans ce modèle que dans le cas d'un flux laminaire.

#### ***Parcours en zigzag (dentelé)***

La forme du circuit est similaire à celle du parcours en labyrinthe. Cependant, le flux en zigzag diminue davantage la pression sur un parcours plus court et restreint les risques de colmatage.

#### ***Vortex***

L'eau pénètre tangentiellement dans les goutteurs vortex. Le flux heurte les parois de la chambre circulaire, tourne et perd en énergie. Ce système autorise un circuit d'eau relativement court et un large orifice de sortie d'eau.

#### ***L'orifice***

Le débit de l'émetteur est déterminé par le diamètre de l'orifice. Celui-ci doit être le plus petit possible mais en tenant compte des risques de colmatage.

## Position sur la rampe latérale

Les goutteurs peuvent être enfilés de façon externe sur la conduite d'amenée, ou fixés à l'intérieur.



Fig. 30. Goutteurs externes par courtoisie de "Netafim"

### Goutteurs externes

Les goutteurs externes sont enfilés sur le tuyau à travers des trous perforés dans la conduite d'amenée. Ils peuvent être rajoutés par la suite en fonction des changements au cours de la saison et des besoins en eau. Le goutteur dépasse de la canalisation, et est donc susceptible d'être endommagé à la livraison, à l'installation, ou lors de la récupération, le cas échéant. Il est équipé d'un joint barbé ou fileté qui est inséré ou vissé dans la paroi épaisse de la conduite d'amenée.

### Goutteurs internes

Les goutteurs internes permettent de conserver à la conduite latérale un aspect lisse. Ils existent en deux versions:

**Les goutteurs internes intégrés** sont amalgamés dans la conduite latérale pendant le processus d'extrusion.

**Les goutteurs internes barbés** sont installés en fendant la canalisation latérale et en insérant les barbes dans les extrémités sectionnées.



Filetage Barbe  
Fig. 31. Modèle de fixation des goutteurs bouton

## Propriétés distinctives

### Goutteurs ajustables

Le taux de débit de ces goutteurs peut être ajusté en fonction de la variation des besoins au cours de la saison agricole.

### Goutteurs pivot

Ces goutteurs possèdent une fermeture pivotante qui facilitera le nettoyage des émetteurs obstrués, entièrement ou partiellement, pendant l'irrigation.



Fig. 32. Goutteur ajustable (ci-dessus) et goutteur pivot (à droite)

### Goutteurs compensateurs de pression (PC)

Le débit des émetteurs compensés reste uniforme, maintenant la pression au-dessus d'un seuil minimum. Il existe plusieurs mécanismes de compensation, réduisant ou



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

élargissant le circuit de l'eau lorsque la pression augmente, diminuant ainsi la pression et assurant un débit constant.

### **La membrane flexible au-dessus du circuit de l'eau**

Le mécanisme de compensation est une membrane flexible. Lorsque celle-ci est soumise à une augmentation de pression, elle resserre le passage de l'eau, provoquant une diminution de la pression et une baisse du débit.

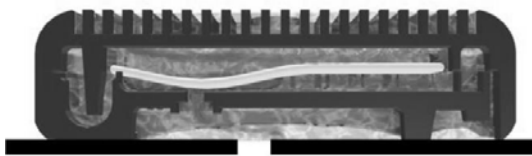


Fig. 33. Membrane flexible sous pression

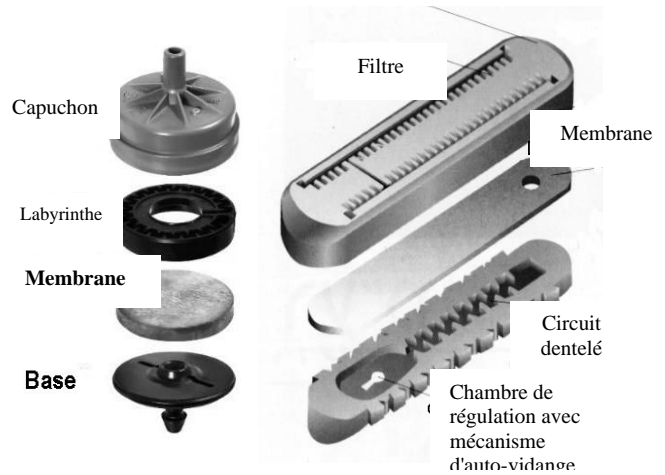


Fig. 34. Goutteurs PC boutons et internes  
par courtoisie de "Netafim"

### **Changement de la longueur du circuit de l'eau**

Une autre technique de compensation de la pression consiste à varier la longueur effective du labyrinthe. Plus la pression est élevée, plus le circuit effectif est allongé, ceci par le changement du nombre d'ouvertures entre la membrane et le labyrinthe. Ces ouvertures se ferment l'une après l'autre lorsque la pression augmente, maintenant la pression en baisse constante. Le raccourcissement du circuit restreint les risques de colmatage et augmente l'efficacité du mécanisme de compensation.

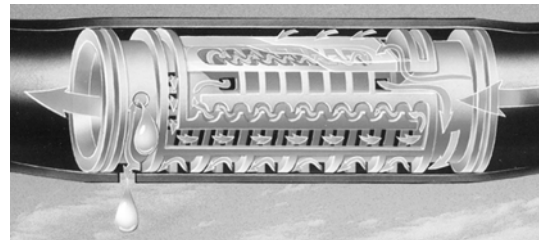


Fig. 35. Goutteur Adi PC D'après la brochure "Mezerplas"

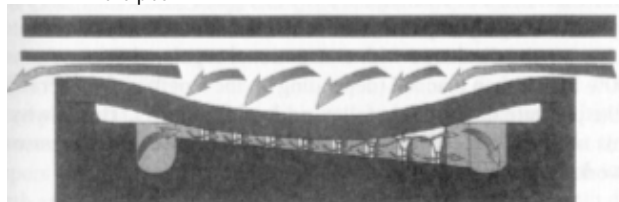
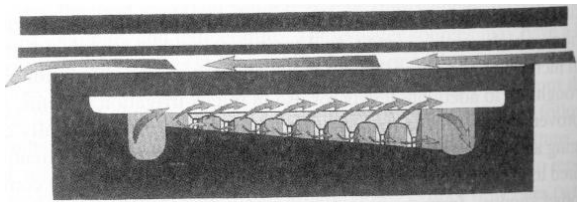


Fig. 36. Variation de la longueur du circuit à haute pression "Mezerplas" Goutteur ADI PC

### **Goutteurs anti-vidange**

L'écoulement des canalisations latérales après la fermeture de l'eau favorise l'accumulation d'impuretés à leur extrémité et dans le circuit interne des goutteurs. Aussi, en début du cycle d'irrigation, le remplissage des conduites et l'accès à la pression désirée prennent-ils du temps. Pendant cet intervalle, la décharge des

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

goutteurs à proximité de l'entrée de la conduite latérale est beaucoup plus élevée que celle de ceux situés à son l'extrémité distale. Ce laps de temps est significatif dans le cas d'une irrigation par fréquentes applications et petites quantités d'eau, par exemple pour les cultures légumières.

Ceci a pour conséquence une variation importante du dosage d'eau entre les extrémités proximale et distale des conduites latérales et dans toute la parcelle.

Les goutteurs anti-vidange permettent de garder les conduites latérales remplies d'eau en fin de cycle d'irrigation, par la fermeture hermétique de l'orifice du goutteur après la chute de la pression. Ils facilitent également l'accumulation rapide de la pression dans les conduites latérales au début du cycle d'irrigation suivant.

### Les goutteurs Woodpecker (Pic)

Ces goutteurs sont conçus pour être utilisés dans des parcelles exposées aux dégâts causés par les pics. Ces oiseaux percent des trous dans les conduites latérales LDPE pour trouver de l'eau. Dans le but de prévenir ces dommages, les canalisations munies de goutteurs Woodpecker sont enterrées sous le sol et de fins micro tubes connectés à l'orifice du goutteur. L'extrémité distale du micro tube est posée à la surface du sol.

Ces dégâts peuvent également être réduits par la disposition dans le champ de bols d'eau pour étancher la soif des pics.

### Goutteurs équipés d'orifices filtrants

Les goutteurs munis d'orifices filtrants empêchent la succion de petites particules de sol en fin de cycle d'irrigation ainsi que l'intrusion de racines dans les rampes latérales installées à la surface du sol.

### Les goutteurs imprégnés de Treflan

L'herbicide Trifluraline (Treflan<sup>TM</sup>) est imprégné dans les goutteurs pendant le processus de production, dans le but de prévenir l'intrusion des racines dans les conduites latérales souterraines sur le long terme. Après l'installation de ceux-ci, une petite quantité d'herbicide est libérée dans le sol autour du goutteur lors de chaque application d'eau, stérilisant son voisinage immédiat. Les goutteurs contenant de la Trifluraline peuvent remplacer l'application quotidienne de Treflan pendant environ 15 ans.

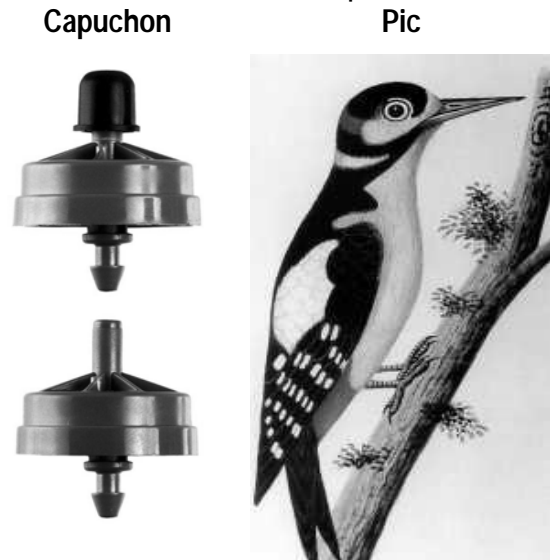


Fig. 37. Goutteurs Woodpecker

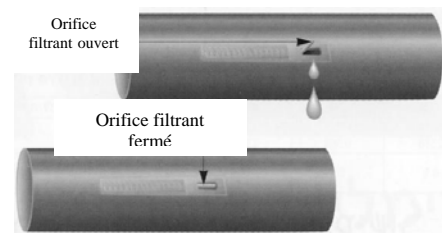


Fig. 38 Goutteurs équipés d'orifices filtrants

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

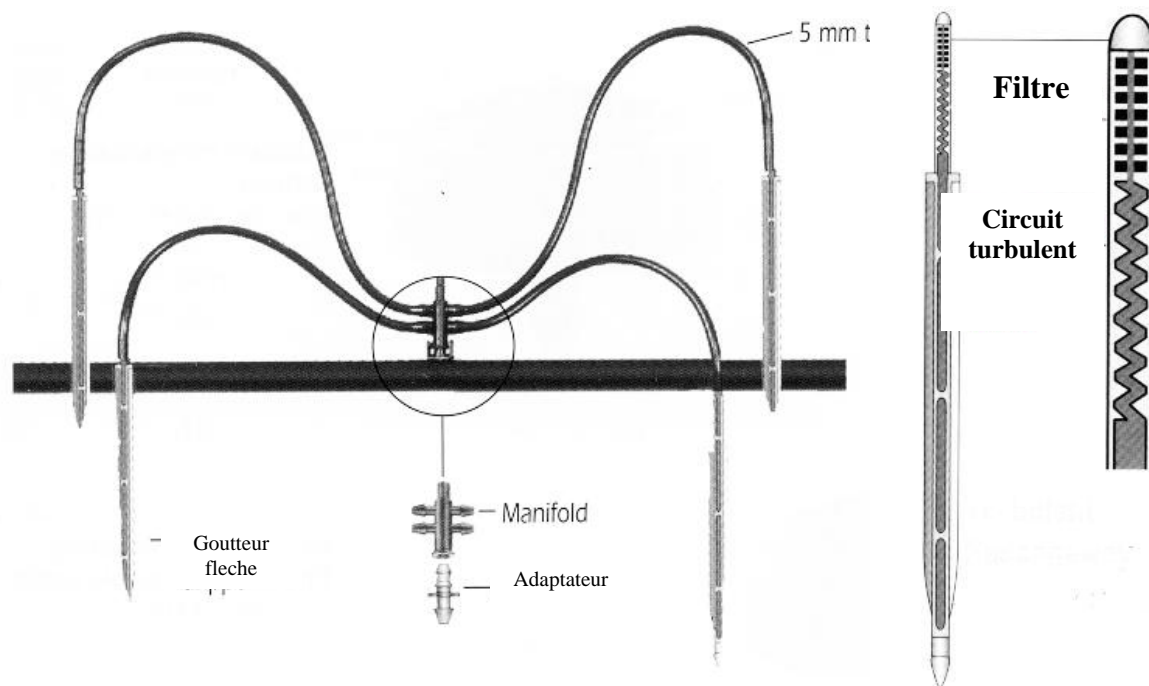


Fig. 39. Goutteur flèche pour serres et plantes en pot par courtoisie de Netafim"

### **Goutteurs "flèches"**

Les goutteurs flèches sont utilisés pour l'irrigation des plantes en pot. Ce goutteur en forme de bâton est inséré à l'intérieur du pot. Grâce à un filtré intégré de haute performance et à un circuit turbulent dentelé efficace, ce minuscule goutteur reste propre et fiable même après une longue utilisation.

### **Goutteurs multi orifices**

Chaque goutteur possède de 2 à 12 orifices sur lesquels sont connectés des micro tubes de diamètre réduit. Ils sont utilisés surtout en architecture de paysage et pour l'irrigation de plantes en pots.



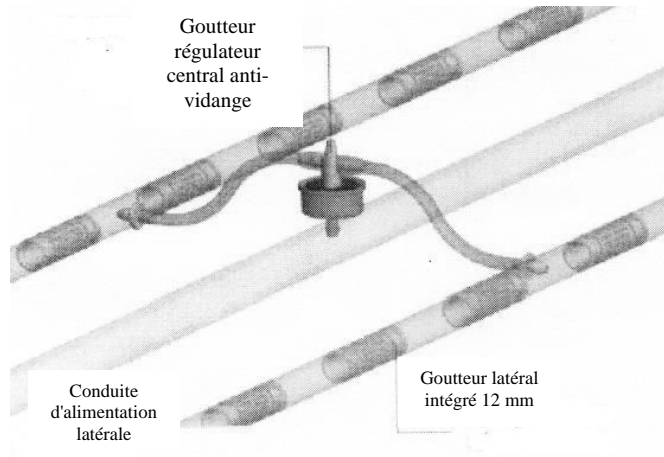
Fig. 40 Six orifices de sortie

### **Les goutteurs à volume ultra faible**

Ils sont caractérisés par un taux d'application d'eau extrêmement bas, s'étendant entre 0.1 à 0.3 l/h par goutteur, changeant le modèle de distribution de l'eau dans le sol et le ratio eau/air dans le bulbe humidifié. Le mouvement horizontal est plus prononcé que dans le cas des goutteurs à débit conventionnel. Par conséquent, ces goutteurs permettent l'irrigation de systèmes racinaires superficiels avec un minimum d'écoulement au-dessous de la zone racinaire.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

En raison de la décharge de pression extrêmement faible des émetteurs, il reste davantage d'air dans le bulbe humidifié que dans le cas des goutteurs à débit conventionnel.



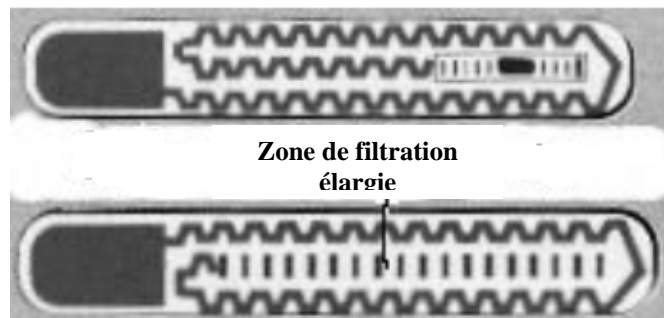
**Fig. 41. Micro Goutteurs à débit ultra lent**  
D'après la brochure "Plastro"

Les goutteurs à débit extrêmement faible sont sensibles au colmatage en raison de leur circuit d'eau étroit et de leur lenteur. Il existe deux techniques permettant l'obtention d'un débit faible avec un risque de colmatage minimum:

Une de ces techniques est basée sur l'utilisation de goutteurs bouton conventionnels émettant de l'eau dans un micro tube secondaire lequel contient 10 à 30 micro goutteurs moulés ou insérés. La seconde utilise des conduites latérales conventionnelles, mais dans lesquelles l'eau est appliquée par pulsations produites au moyen de pulsateurs ou du contrôleur d'irrigation. En raison de la relative brièveté des pulsations et de la longueur des intervalles les séparant, ces goutteurs doivent être de type anti-vidange.

### Filtration intégrée dans les goutteurs

Les goutteurs de haute qualité sont munis de petits filtres intégrés réduisant les risques de colmatage et garantissant un fonctionnement adapté des mécanismes complexes de compensation de pression, du système anti-vidange etc. La zone de filtration est élargie de façon à assurer de bonnes performances sur le long terme.



**Fig. 42. Filtres intégrés** par courtoisie de "Netafim"

Il existe également d'autres procédés anti-colmatage, comme les doubles orifices d'entrées et de sorties d'eau sur les ligne de goutte-à-goutte, ou les barbes dans un

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

goutteur externe faisant saillie a l'intérieur de la conduite d'amenée de façon à protéger l'orifice d'entrée d'eau de la saleté accumulée sur les parois du tuyau. Les mécanismes anti-siphon comme par exemple les entrées filtrantes mentionnées ci-dessus diminuent également les risques de colmatage.

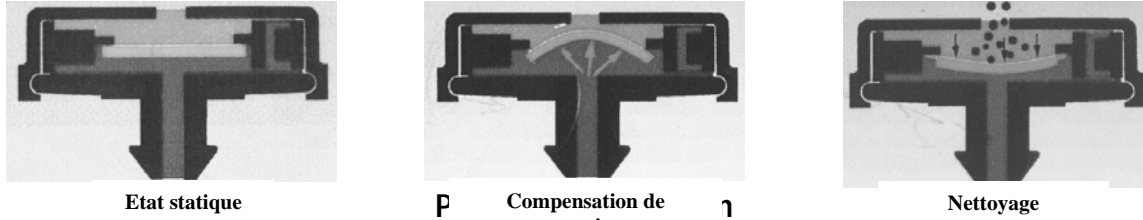


Fig. 43. Goutteur compensateur de pression autonettoyant par courtoisie de "Netafim"

### Mécanismes autonettoyant

Dans certains goutteurs compensés, on utilise une membrane flexible pour évacuer les débris qui bouchent le goutteur. Lorsque des particules solides bloquent le circuit, la membrane s'arque bête, élargissant le passage de l'eau et évacuant l'objet intrus.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Chapitre 6. GESTION ET CONTROLE

Il existe différents niveaux de gestion et de contrôle de l'application de l'eau et des engrais par les systèmes d'irrigation.

La méthode la plus simple, consiste à prendre des décisions en se fondant non sur de véritables calculs, mais sur l'expérience personnelle, l'intuition et la formulation d'hypothèses.

A un deuxième niveau, on peut adopter une gestion plus perfectionnée basée sur l'examen du sol par la méthode "voir et sentir"

A un troisième degré, l'irrigation et la fertilisation peuvent être basées sur une pratique globale, et des recommandations établies d'après un programme prévu à l'avance pour la saison d'irrigation.

A un quatrième niveau, l'humidification du sol et l'application des engrais sont contrôlés, et l'eau de même que les éléments nutritifs, réapprovisionnés jusqu'au seuil désiré.

Le tensiomètre est le moyen le plus simple et le plus efficace pour contrôler le fonctionnement des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte. Dans les systèmes en surface, deux unités sont installées à chaque point de contrôle. L'embout de céramique de l'un des tensiomètres est planté dans la couche supérieure du sol, à 15-30 cm de profondeur, dans la zone racinaire effective aérée. Ce tensiomètre est utilisé pour les décisions concernant le déclenchement de l'irrigation. Le second est enfoncé jusqu'à la limite inférieure de la zone racinaire effective, ou jusqu'à la profondeur désirée du bulbe humidifié. Il indique, 12 à 24 heures après l'application de l'eau, si la quantité fournie a suffi au réapprovisionnement de la totalité de la zone racinaire.

La composition chimique du sol peut également être contrôlée par un extracteur d'humidité - tensiomètre modifié. La solution du sol est extraite par succion à l'aide d'une seringue.

Il existe une technique plus récente de contrôle de l'humidité du sol, basée sur la mesure de sa capacité entre des électrodes.

Dans les serres, l'eau d'écoulement est collectée des lits ou bacs et analysée dans le but de comparer sa composition avec celle de l'eau d'irrigation contenant les éléments nutritifs injectés. La différence entre les deux solutions indiquera si l'alimentation en engrais est adaptée ou non.

A un cinquième degré, les opérations ci-dessus peuvent être suivies au moyen de la surveillance de l'état nutritionnel du produit cultivé (analyse des tissus) et de celui de l'eau (contenue dans la feuille en milieu de journée ou tension d'eau contenue de la plante). La répartition de l'eau dépend de l'humidité du sol, de l'état de l'eau dans la plante et du climat.

### Phyto-moniteur 13.46

Au niveau le plus évolué, l'humidité du sol, la température ambiante et l'évapotranspiration, ainsi que l'état de l'eau dans la plante, les engrais et le sel contenus dans l'eau d'irrigation, les réactions de l'eau et du sol sont contrôlés simultanément. Les instruments de surveillance sont connectés aux contrôleurs qui sont actionnés en fonction de programmes prédéterminés.

Le phyto-moniteur est un pilotage global des paramètres du sol, de la plante et du climat. Des tests en plein champ utilisant la méthode de phyto-moniteur ont été menés à grande échelle entre 1998 et 2002. Des systèmes expérimentaux de phytosurveillance ont été installés dans des plantations de pommiers, pruniers, vigne, pêchers, kiwi, manguiers, citronniers, avocats et kakis.

Les paramètres les plus intéressants sont les facteurs concernant l'environnement (température, radiation, humidité relative), les plantes (calibre du tronc quotidien, pousse et taux de croissance du fruit), et le sol (humidité contenue,  $E_c$  et pH). Deux indicateurs sont utilisés pour l'analyse; le diamètre journalier maximum (DMT) et l'amplitude de contraction journalière (DCA) et le potentiel hydrique foliaire en milieu de journée (WP). Le DCA est définie comme la différence entre les diamètres maximum du tronc avant l'aube et minimum dans la journée.

Le tronc de l'arbre fruitier, la pousse et le fruit se sont avérés extrêmement sensibles au manque d'eau dans le sol. Ceci en fait de bons indicateurs pour la programmation de l'irrigation.

Dans un régime d'irrigation optimal, il existe une forte corrélation entre le WP du plant, la DCA du tronc ou de la pousse et le déficit de condensation de pression. (VPD). Néanmoins, la corrélation n'est pas bonne lorsque l'irrigation est déficitaire ou si l'humidité relative de l'air de nuit est basse, dans la mesure où les réserves en eau des plantes ne sont pas complètement réapprovisionnées, provoquant une dépression du potentiel hydrique maximum à l'aube. Lorsque l'humidité est faible la nuit, le DCA est calculé avec une base de diamètre maximum potentiel (PMDB) au lieu du maximum réel à l'aube. Le ratio du DCA et du VPD modifiés (DCQ/VPD) est un bon indicateur de l'état de l'eau dans la plante, à la fois dans les cultures bien arrosées et dans celles mal irriguées.

Le DMT est un bon indicateur de la disponibilité de l'eau dans le sol grâce à sa relation de proximité avec le potentiel hydrique foliaire à l'aube.

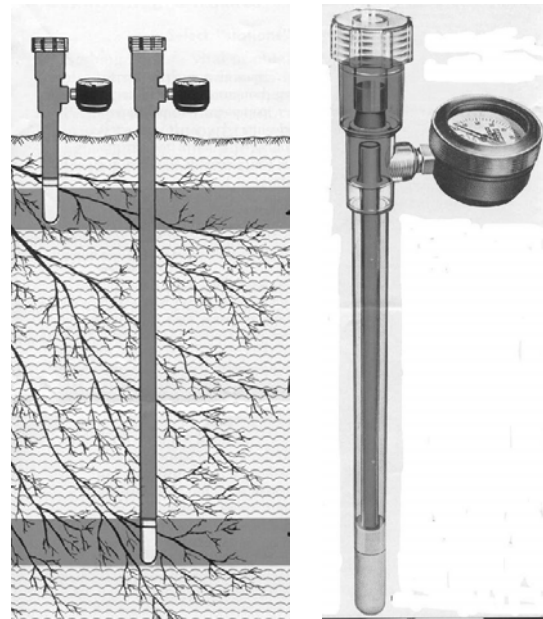


Fig. 85. Tensiomètres



Fig. 86. Mesureur de capacité d'humidité du sol



# L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

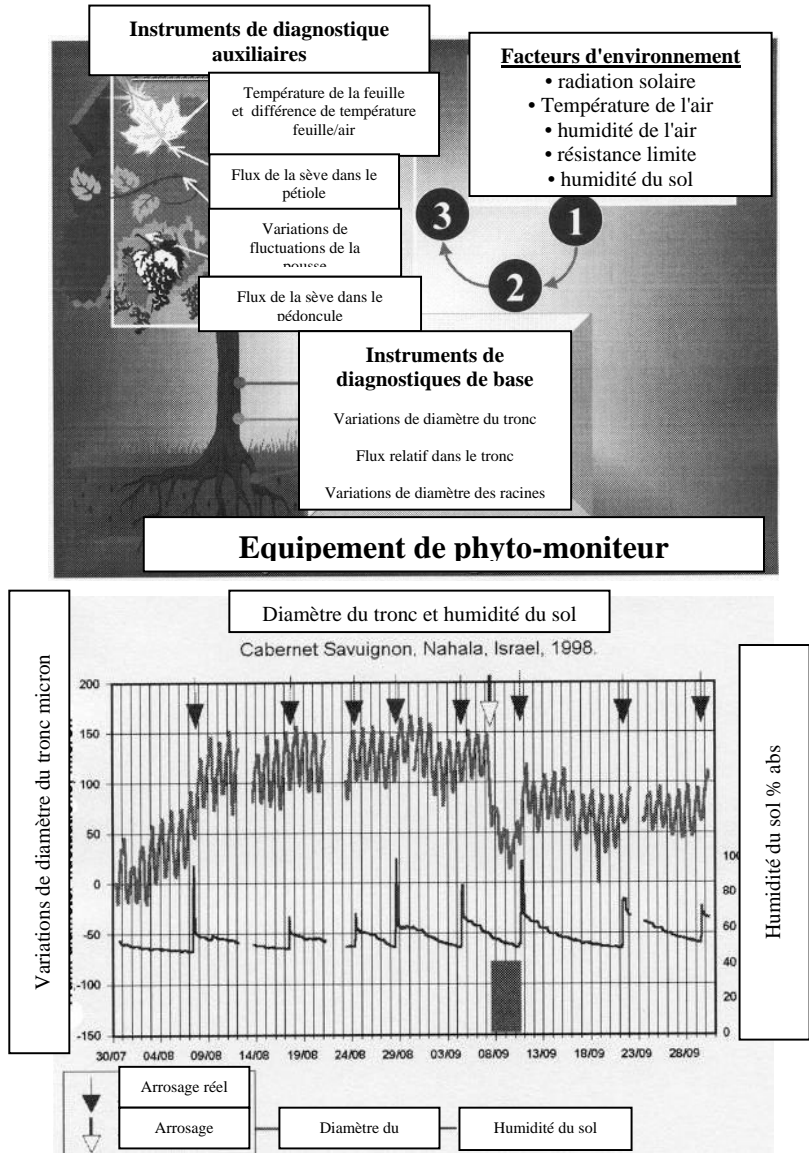


Fig. 87. Phyto-moniteur simultané multi facteur

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Chapitre 7. LE GOUTTE-A-GOUTTE SOUTERRAIN (SDI)

L'irrigation au goutte-à-goutte a été conçue à l'origine comme une méthode d'irrigation souterraine. Cette conception fut abandonnée au début des années soixante en raison de ses inconvénients: intrusion de racines, colmatage des émetteurs, impossibilité de contrôler visuellement l'humidification du bulbe, le colmatage et la dégradation des conduites latérales enterrées.

Depuis, la plupart des problèmes importants ont été réglés et le goutte-à-goutte souterrain a pris son essor et est appliqué dans de nombreux cas de combinaisons de cultures et de sols.

En goutte-à-goutte souterrain (SDI), les canalisations latérales sont enterrées de 10 à 50 cm sous la surface du sol.

### Avantages

#### ***Pas d'interférence avec les autres travaux dans le champ***

Les opérations agricoles ne sont pas troublées par la présence d'équipements d'arrosage à la surface, comme c'est le cas dans les systèmes d'irrigation sous pression. La liberté de mouvement dans le champ des machines agricoles, pulvérisateurs et équipement de récolte, est essentielle. Les opérations agricoles provoquent une moindre compaction du sol et le croutage causé par l'irrigation est largement réduit.

Dans le cas des cultures de plein champ annuelles, il n'est pas besoin de poser et de démonter les rampes latérales à chaque saison. La disposition souterraine permet de travailler mécaniquement le sol aussi souvent que nécessaire.

#### ***Protection des rampes latérales***

Le fait d'enterrer les rampes latérales les protège des dégâts causés par les oiseaux, les hommes et les machines. L'exposition aux rayons UV et aux variations intensives des conditions climatiques est évitée, prolongeant ainsi la longévité des canalisations.

#### ***La conservation de l'eau***

L'eau est apportée directement à la zone racinaire. L'évaporation de la surface du sol ainsi que le *runoff* sont éliminés. Le mouvement ascensionnel de l'eau est conduit par les forces capillaires contre la gravité. Sa portée est limitée, et, avec une bonne gestion de l'irrigation, la surface du sol reste sèche. Les conditions de saturation dues à la stagnation de l'eau à la surface du sol dans l'irrigation en surface sont également éliminées. Le sol restant sec, le développement des mauvaises herbes

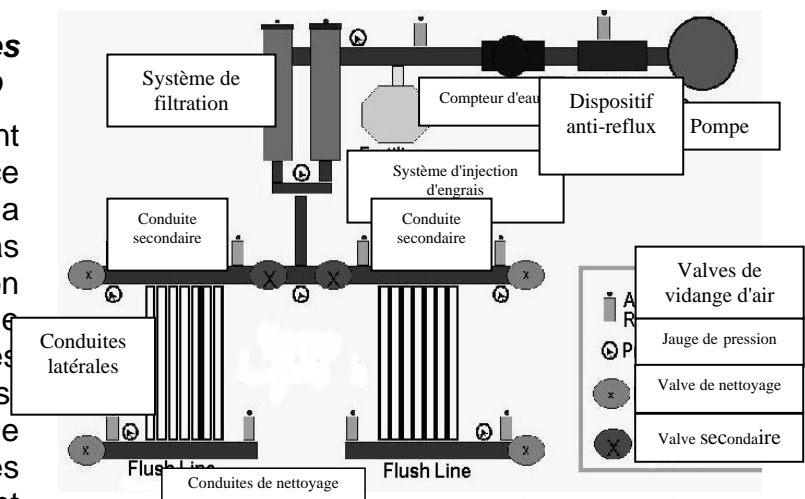


Fig. 88.

Schéma du système de SDI

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

est éliminé. Ceci contribue à la conservation de l'eau et à l'économie d'utilisation d'herbicides.

### ***Amélioration de l'efficacité de la fertilisation***

L'assimilation des éléments nutritifs, en particulier du phosphore, est améliorée grâce à leur application directe à la zone racinaire.

### ***Diminution de l'influence des maladies provoquées par l'humidité***

L'élimination de l'humidification de la surface du sol diminue les maladies des racines, des feuilles et des fruits provoquées par l'humidité, comme l'alternariose, le mildiou, le botrytis et le pythium.

### ***Régime d'application flexible***

La planification de l'irrigation indépendamment des autres opérations agricoles dans le champ permet l'optimisation du régime de distribution, par exemple l'application fréquente de petites quantités d'eau lors de canicules ou autres événements climatiques extrêmes comme la canicule.

### ***Applicable dans les régimes d'irrigation prévalant l'économie de l'eau***

Le SDI est idéal pour les vignobles et les vergers, rendant possible l'application de méthodes d'irrigation avancées, comme l'irrigation de déficit régulé (RDI) et l'assèchement partiel de la zone racinaire (PRD) (ces techniques sont traitées dans le chapitre sur l'irrigation des cultures).

### ***Amélioration des possibilités de double cultures***

Les cultures peuvent être plantées suivant une planification dans le temps optimale puisque le système d'irrigation n'a pas besoin d'être démantelé à la récolte et réinstallé avant de planter une seconde culture.

### ***Augmentation de l'utilisation d'eau de basse qualité***

L'eau de récupération peut être utilisée en toute sécurité sans que les agriculteurs ne soient en contact avec elle

### ***Augmentation du rendement et de la qualité***

La haute efficacité de l'irrigation et de la fertilisation augmente le rendement et améliore sa qualité.

## **Inconvénients**

### ***Difficultés du contrôle de l'application de l'eau***

Dans la mesure où l'eau est appliquée sous le sol, il est difficile de contrôler et d'évaluer le fonctionnement du système et l'uniformité de sa distribution. Une mauvaise uniformité peut conduire à une *irrigation réduite et, provoquer une baisse de rendement et de qualité ou inversement, une irrigation en excès risque de causer une faible aération du sol et des pertes en eau et en engrais en raison de la percolation en profondeur.*

### ***Colmatage des goutteurs et variation du débit***

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

En SDI, les goutteurs peuvent être bouchés par des intrusions de racines et par des particules de sol qui se collent dans les goutteurs suite à l'appel de vide provoqué dans le système lors de fermeture de l'eau. Dans les sols à texture lourde, le débit des émetteurs peut excéder la capacité du sol à redistribuer l'eau selon un modèle normal. Dans ces cas, la pression de l'eau autour du goutteur excède la pression atmosphérique. La contre pression peut réduire le débit de l'émetteur;

### ***Incompatibilité avec les sols crevassés***

Dans les sols crevassés, l'eau appliquée par les goutteurs sous le sol est susceptible de s'écouler au fond des crevasses et de se perdre, laissant un considérable volume de sol sec.

### ***"Surfaçage" de l'eau***

L'eau peut par inadvertance "faire surface" (une partie du flux de l'émetteur étant transporté à la surface du sol), provoquant une humidification indésirable, et entraînant avec elle de fines particules de sol, causant une "effet de cheminée", qui crée un flux préférentiel. Il peut être difficile d'oblitérer la cheminée de façon permanente, une partie restant au-dessus de la ligne de goutte-à-goutte même après le labourage.

### ***Problèmes pour la germination des cultures annuelles***

Il peut être impossible d'utiliser le système SDI pour la germination, dans certaines circonstances, selon la profondeur et les caractéristiques du sol.

### ***Accumulation de sel au-dessus des goutteurs***

La salinité est susceptible d'augmenter au-dessus de la ligne de goutte-à-goutte, et d'être néfaste pour les plants et les petits transplants. L'extraction des sels accumulés risque d'être problématique.

### ***Limites du labourage du sol***

Les opérations de labourage sont limitées par la profondeur à laquelle les canalisations latérales sont enterrées.

### ***Développement restreint des racines***

Dans certaines conditions de sol, le développement du système racinaire est plus restreint en SDI qu'avec une irrigation de goutte-à-goutte en surface. La zone racinaire restreinte peut être insuffisante pour éviter un manque d'eau des cultures en journée, même lorsqu'elle est bien arrosée. Dans de tels cas, il peut être également nécessaire de procéder à de plus fréquentes applications d'engrais, la zone racinaire restreinte en manquant rapidement.

### ***Problèmes de rotation des cultures***

Dans la mesure où les systèmes SDI sont fixes, il peut être difficile de faire pousser des cultures qui nécessitent un espacement différent des rangées. Certaines requièrent un espacement exceptionnellement rapproché, auquel cas le SDI peut ne pas être économiquement viable. Il est nécessaire d'accorder un soin particulier lors de la plantation de cultures en rangs annuelles, à l'adaptation de l'orientation et l'espacement des cultures à celui des lignes de goutte-à-goutte.

### ***Cultures incompatibles***

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Certaines cultures sont susceptibles de ne pas se développer convenablement en SDI dans certains types de sol et sous certains climats. Les arachides peuvent ne pas bien tenir dans un sol sec. Certaines plantations d'arbres nécessitent un bulbe irrigué plus grand que celui qui est atteint par SDI.

### ***Investissement initial élevé***

Le SDI demande un investissement initial élevé, en comparaison des autres systèmes d'irrigation. En certaines circonstances, il possède également une durée de vie plus courte.

### ***Limites de la qualité de l'eau***

Dans certains systèmes de SDI à long terme, une gestion stricte de la qualité de l'eau est nécessaire, en raison de l'impossibilité de repérer et de nettoyer les goutteurs colmatés sous le sol.

### ***Dommmages causés par les rongeurs***

Dans certaines régions, il existe un grand nombre de rongeurs à l'intérieur du sol qui causent des dommages aux canalisations. Dans ce cas, il est nécessaire de procéder à l'extermination des rongeurs avant d'installer le SDI.

### ***Entretien coûteux***

L'entretien des systèmes de SDI est beaucoup plus compliqué et coûteux que celui des systèmes de goutte-à-goutte de surface. Les fuites causées par les rongeurs ruminants sont beaucoup plus difficiles à localiser et à réparer, en particulier dans les systèmes de SDI en profondeur. L'introduction de racines dans les goutteurs latéraux doit être contrôlée. Les racines de certaines cultures permanentes sont susceptibles de percer les parois fines des tuyaux de goutte-à-goutte, réduisant ou interrompant le flux de l'eau. Les canalisations latérales doivent être nettoyées périodiquement pour en extraire la vase et les précipités.

Dans la mesure où il y a que peu d'indicateurs visuels du fonctionnement du système, une surveillance fréquente des compteurs d'eau et des jauges de pression est nécessaire pour vérifier que le système marche correctement.

### ***La configuration du SDI***

La configuration d'un système de SDI efficace demande un soin considérable, car une fois le système installé sous le sol et recouvert, il n'est pas envisageable sur le plan économique de pratiquer des réparations ou des modifications importantes. Dans le cas de l'irrigation de cultures annuelles en rotation, des compromis sont nécessaires quant à l'écartement des goutteurs et des canalisations latérales, de même que pour l'espacement entre les rangs et les plantes.

### ***Espacement***

L'espacement latéral peut être plus large dans les sols lourds que dans les sols sableux. L'écartement normal entre les conduites latérales est de 1 m dans des sols sableux à 2 m dans des sols à texture lourde. L'espacement entre les émetteurs dépend principalement de la densité de la plante cultivée, et s'étend de 10 à 100 cm.

### ***Les différents types de conduites latérales et de goutteur***

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Les meilleurs goutteurs sont ceux qui sont les moins sensibles au colmatage et à l'intrusion de racines. Les goutteurs compensés sont moins sujets à une diminution de la pression par compensation de contre-pression autour du goutteur. Les goutteurs imprégnés de Trifluraline (Treflan™) et ceux équipés d'entrées filtrantes empêchent l'intrusion de racines. Les goutteurs munis d'un dispositif anti-siphon présentent moins de risques de succion des particules de sol.

Les conduites latérales peuvent consister en tubes PE à parois épaisse ou étroite. Par le passé, après l'installation de tuyaux à parois fines, la couche supérieure du sol s'asséchait parfois autour de la gaine souple après l'évacuation de l'eau, empêchant le gonflement du tuyau au cours de la prochaine irrigation. Ce problème peut être résolu par l'installation de régulateurs de vide et de dispositifs anti-siphon dans les nouveaux types de goutteurs.

### Profondeurs des canalisations latérales

L'installation en profondeur, à 50 – 60 cm sous le niveau du sol permet un traitement mécanique conventionnel du sol. Ceci est commun dans les cultures aux systèmes racinaires en profondeur, comme le coton. L'irrigation en vue de la germination peut être appliquée par d'autres moyens, comme les rampes d'aspersion latérales mécanisées ou transportables à la main.

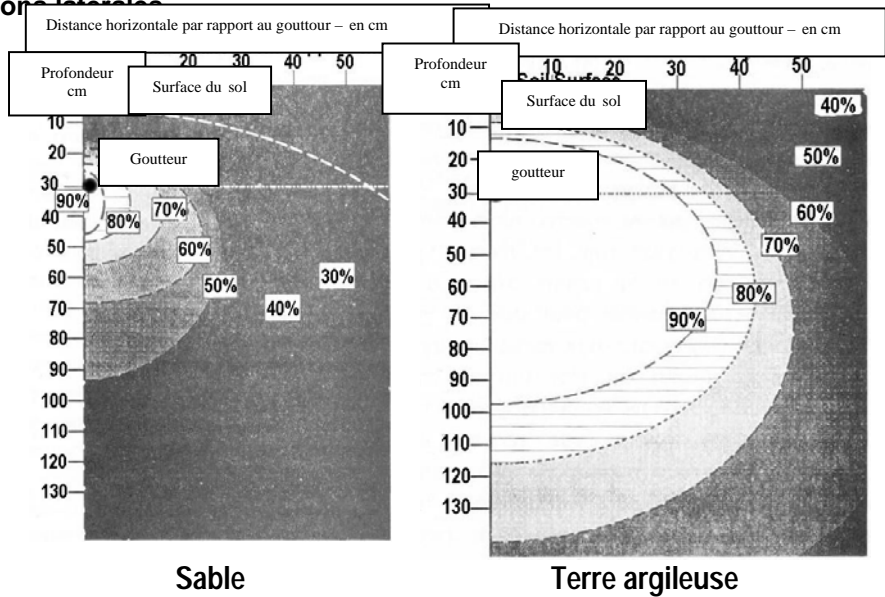


Fig. 89. Modèle de distribution de l'eau en SDI

Dans le cas des cultures à racines peu profondes, comme les fraises et les pommes de terre, une installation peu profonde est pratiquée, à 5 – 15 cm de profondeur.

Le système peut être utilisé pour la germination lorsque l'écartement des goutteurs le long de la conduite latérale est de 10 à 30 cm. Quand l'irrigation n'est pas nécessaire pour la germination, la profondeur de l'installation varie entre 20 et 45 cm. Dans les sols sableux, l'installation doit être plus superficielle que dans des sols lourds, l'ascension capillaire de l'eau étant limitée. Dans le cas des cultures permanentes, l'installation peut être superficielle puisqu'il n'y pas d'interférence avec les opérations mécaniques du sol restant sec.

### Développements récents

Au cours des vingt dernières années, la plupart des problèmes posés par le SDI et son entretien ont été résolus.

La succion des particules solides à l'intérieur des goutteurs lors de la fermeture du système est éliminée par l'installation de valves anti-vidange et de points topographiques plus élevés, et l'installation de régulateurs de vide dans les conduites latérales.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

L'intrusion des racines est éliminée par le traitement au moyen de l'herbicide Trifluraline (Treflan™). Celui-ci, lorsqu'il est appliqué par le système de goutte-à-goutte, stérilise le sol près du goutteur, dans un rayon de quelques 2 à 3 cm autour de l'orifice. L'herbicide ne tue pas la racine, cependant elle arrête son développement. Il reste actif pendant 3 à 6 mois après son application. Un kg/ha par saison divisé en 2 à 4 applications au cours de la saison d'irrigation élimine l'intrusion des racines dans les goutteurs.

Certains fabricants ont développé des goutteurs imprégnés de Treflan dégageant continuellement une petite quantité de ce produit. Cette technique est basée sur le principe d'émission contrôlée à long terme au moyen d'un système polymérique *Carrier Delivery* (PCD). Le système PCD sert de réservoir chimique le protégeant de la dégradation. Le produit chimique radioactif est émis lentement vers le sol à proximité du goutteur. La longévité déclarée de l'herbicide imprégné est de 10 à 20 ans. Comme mentionné ci-dessus, "Netafim" propose des filtres à disques dans lesquels la pile de disque est imprégnée de Treflan. La durée du système anti-intrusion des disques est de 2 à 3 ans.

Autre innovation technique dans le domaine du SDI: un tuyau de nettoyage connecté à l'extrémité distale de la canalisation latérale, utilisé pour le nettoyage quotidien du système de goutte-à-goutte. Ce tuyau de nettoyage est fréquemment utilisé comme ligne de distribution supplémentaire permettant l'installation de conduites latérales plus longues alimentées en eau par ses deux extrémités. Lorsqu'il est nécessaire de procéder au nettoyage, l'eau parvenant au tuyau de nettoyage est fermée et les valves de drainage sont ouvertes.

Des appareils pour l'installation mécanisée du SDI ont également été mis au point, facilitant l'aménagement rapide et relativement bon marché du système. Après l'enterrement des canalisations latérales, le système peut être testé sous pression. Les fuites et disjonctions des canalisations latérales sont facilement identifiables et peuvent être réparées avec un minimum de difficulté.



Fig. 90. Enterrement d'une conduite latérale de SDI

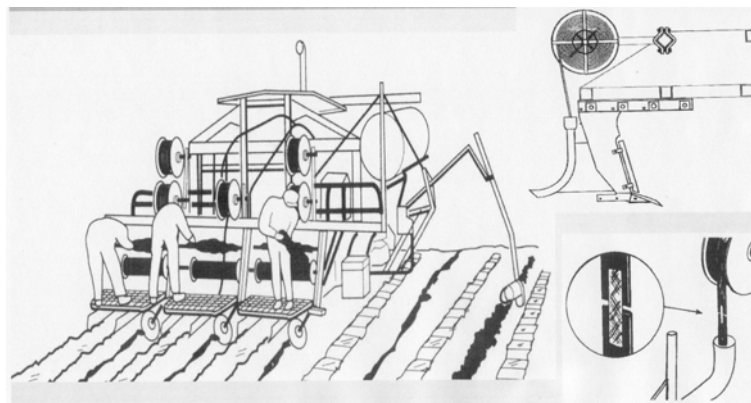


Fig. 91. Machine à triple tige pour l'enterrement des conduites latérales de SDI



## Chapitre 8. LE SYSTEME FAMILIAL D'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Dans les pays en voie de développement, l'irrigation est pratiquée à une grande échelle pour la culture des fruits et légumes dans les exploitations familiales, dont certaines ne dépassent pas 20 à 500 m<sup>2</sup>. Ces terrains sont la plupart du temps irrigués par sillons, avec de l'eau tirée de puits peu profonds, de rivières, de lacs et de réservoirs, transportée soit par des bêtes de somme, soit au moyen de petites pompes à moteur. Sur un plan expérimental, la productivité a pu être améliorée de façon impressionnante en remplaçant l'irrigation au sillon par le goutte-à-goutte. Cependant, les techniques conventionnelles de goutte-à-goutte ne sont pas adaptées à ces petites exploitations. Elles sont trop coûteuses et hors de portée des petits producteurs.

Pour ces petits exploitants, des systèmes de goutte-à-goutte de basse pression ont été développés par M. Chapin, de la société "Watermatics" aux USA, par M. Rosenberg ("Ein Tal") et par "Netafim – Israël.

M. Chapin est l'inventeur du kit seau, composé d'un seau ordinaire, d'un filtre, de tuyaux de distribution et de deux conduites latérales de 15 m. de long. Le seau est suspendu à un mètre au-dessus du sol, et les deux canalisations latérales dispensent l'eau au potager par gravité. Deux seaux de 40 l. suffisent à la consommation journalière d'une exploitation familiale. Les kits seau coûtent six dollars pièce pour les organisations à but non lucratif. Ils sont distribués par ONGs dans plus de 100 pays.

Par la suite, un kit seau de plus grande capacité a été mis au point. Ce "super kit seau" pourvoit à l'irrigation au goutte-à-goutte de 10 rangées de cultures de 10 mètres de long chacune, soit une superficie de 100m<sup>2</sup>. Celle-ci est arrosée à partir d'un réservoir de 250 l. rempli une fois par jour.

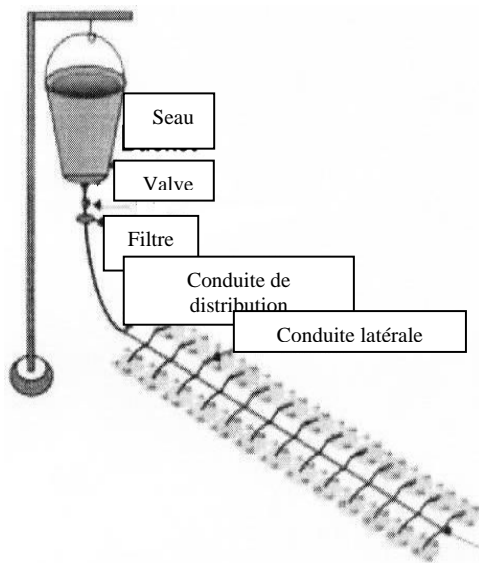


Fig. 92. Kit seau

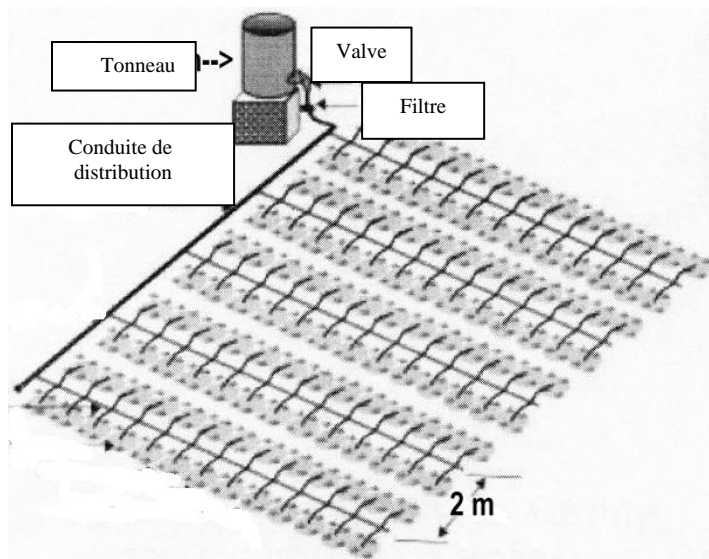


Fig. 93. Kit tonneau

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

La technique du kit seau a été améliorée par IDE. Le nombre des canalisations latérales du kit de base à cinq dollars, arrosant un potager de 25 m<sup>2</sup>, a été doublé, permettant l'irrigation de 50 m<sup>2</sup> de légumes. Un kit- tonneau utilisant un réservoir de 200 à 300 l., irriguant 125 m<sup>2</sup> de terrain a également été mis au point, ainsi qu'un système d'irrigation simplifié pour l'arrosage de 0.4 ha.

Les systèmes permettant une répartition par temps d'irrigation réduisent les coûts par la réduction de la main-d'œuvre. Chaque conduite d'amenée peut irriguer jusqu'à 10 rangées de cultures. L'eau s'égoutte par des perforations ou par des micro tubes en spirale, utilisés à la place d'émetteurs plus coûteux.

Les systèmes de goutte-à-goutte plus importants, pour l'irrigation de 1000 à 10000m<sup>2</sup>, dans lesquels chaque conduite latérale munie de micro tubes insérés peut irriguer quatre rangées de culture, coûtent 625\$/ ha. Ils conviennent aux cultures comme le coton.

"Netafim International" a développé deux modèles de systèmes de goutte-à-goutte à pression de gravité permettant l'irrigation de 400m<sup>2</sup> de potager. Tous deux comprennent un réservoir, un filtre, des valves, une conduite maîtresse, des collecteurs et des conduites d'amenée. Le premier prototype, convenant aux serres et aux cultures sous tunnel bas, comprend une conduite principale de 50m et cinquante tuyaux latéraux de 7.5m. Le second modèle présente une conduite maîtresse de 9m équipée de neuf tuyaux latéraux de 20m de chaque côté. Ceux-ci sont très résistants, durables et de petit diamètre – 5 à 9 mm OD. L'ensemble du dispositif coûte 150\$ par 1 000m<sup>2</sup>.

En complément de ces systèmes, une pompe à pied d'un coût de 30\$ (en comparaison de la pompe Diesel d'un montant de 300\$) a été mise au point. Il en existe deux modèles: l'un est opéré au moyen d'une pédale composée de deux bambous, l'autre par un clapet en acier relié à des plateformes solides et à des tuyaux. Les clapets activent deux pistons en acier qui peuvent être fabriqués dans n'importe quel atelier local.

# L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

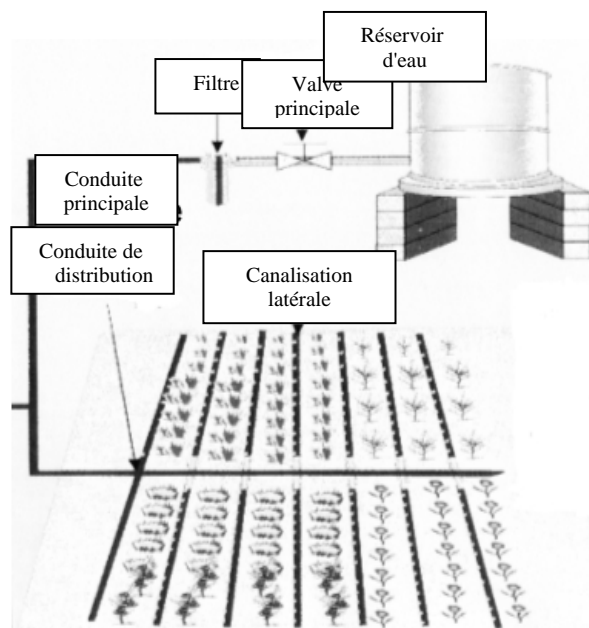


Fig. 94. Les systèmes de goutte-à-goutte familial de "Netafim" (FDS)

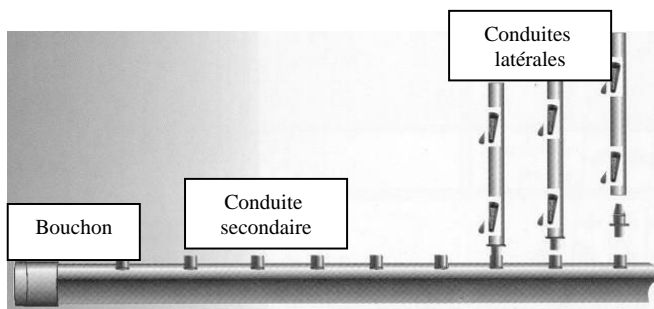
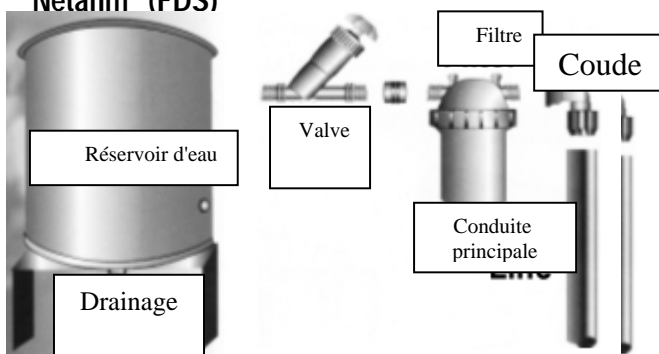


Fig. 95. Les éléments du système familial de goutte-à-goutte (FDS)



Fig. 96. Pompe à pied

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Chapitre 9. UNIFORMITE DE LA DISTRIBUTION DE L'EAU

L'un des paramètres d'évaluation de la qualité de l'irrigation est l'efficacité d'irrigation (E.I.), définie comme suit :

E.I.= eau efficacement utilisée

Total de l'eau employée

L'eau efficacement utilisée prend en compte l'évapotranspiration, la protection contre le gel, l'utilisation de pesticide et d'engrais, le dessalement et le refroidissement des produits récoltés.

L'irrigation au goutte à goutte facilite l'administration d'un volume d'eau identique à chaque plante dans la parcelle irriguée. Ceci exige un espacement approprié entre drains latéraux et goutteurs, de même qu'un régime de pression adéquat.

L'uniformité du dosage est exprimée par différents indices. Une uniformité de 100 % signifie que chaque point du plan irrigué reçoit exactement la même quantité d'eau. Dans le cas d'une l'uniformité faible, certaines sections du plan reçoivent moins d'eau que d'autres. Pour que ces sections moins irriguées bénéficient d'une quantité d'eau suffisante, il faut augmenter la quantité globale d'eau distribuée à l'ensemble de la parcelle. Le dosage uniforme est particulièrement important dans les systèmes d'irrigation au goutte à goutte, en raison du caractère cumulatif d'une distribution non uniforme.

L'indice couramment employé pour mesurer l'uniformité est l'UD (Uniformité de Distribution). Pour calculer cette valeur, on mesure le débit d'un échantillon représentatif (de 40 à 100 émetteurs choisis de façon aléatoire dans différentes sections du plan irrigué).

$$UD= 100 \times \frac{Q_{25\%}}{Q_n}$$

$Q_{25\%}$  étant le débit moyen des 25% des émetteurs d'irrigation ayant le débit le plus faible et  $Q_n$  le débit moyen de tous les émetteurs de l'échantillon. Un DU supérieur à 87% indique une excellence uniformité de distribution, entre 75% et 87% - une bonne uniformité, de 62% à 75% une uniformité acceptable et au-dessous de 62% une uniformité inacceptable.

La variation du débit dépend du régime de pression, de l'encrassement partiel de l'émetteur et des différences de fabrication entre les goutteurs.

En plus de la variation du débit entre les émetteurs due aux différences de pression, la variation du débit dépend également des différences de fabrication. Deux émetteurs différents ne seront jamais fabriqués de façon identique, il existera toujours des différences entre eux. L'uniformité du débit des nouveaux goutteurs est évaluée au moyen du Coefficient de Variation de fabrication (Cvf).

La variation de débit due aux différences de fabrication est déterminée statistiquement. Des échantillons d'émetteurs aléatoirement choisis ou bien une

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

section latérale sont évalués à une pression constante. Le  $C_{vf}$  est défini comme l'écart type divisé par le débit moyen d'un échantillon d'émetteurs. Il est exprimé par une fraction décimale ou un pourcentage.  $0.01 = 1\%$  selon la formule:

$C_{vf} = S_{dm} / X_m$  (en fraction décimale). La multiplication par 100 donne l'expression en pourcentage

$C_{vf}$  étant le coefficient de variation de fabrication

$S_{dm}$  l'écart type

et  $X_m$  le débit moyen.

Un  $C_{vf}$  de 0.1 (10%) signifie une distribution normale (courbe en forme de "cloche"), dans laquelle 68% de l'ensemble des goutteurs présentent un débit s'écartant au maximum de 10% du débit moyen. La variation de débit d'un émetteur quel qu'il soit est déterminée par son modèle, le matériau utilisé pour sa fabrication et la précision de celle-ci. Un  $C_{vf}$  de 0.05 ou moins est considéré comme excellent, de 0.05 à 0.10 comme bon, de 0.10 à 0.15 comme limite, et à moins de 0.15 comme pauvre. Compte tenu de la récente amélioration des tolérances de fabrication, la plupart des émetteurs présentent un  $C_{vf} < 0.10$ . Les goutteurs compensateurs de pression offrent un  $C_{vf}$  plus pauvre que les émetteurs équipés d'un labyrinthe.

Il existe une autre formule permettant l'évaluation et la conception des systèmes de goutte-à-goutte: la variation du débit de l'émetteur dans la canalisation latérale. Cette formule compare le débit maximum et minimum de l'émetteur

$$Q_{var} = (Q_{max} - Q_{min}) / Q_{max}$$

Où

$$Q_{var} = 1 - (Q_{min} / Q_{max})$$

$Q_{max}$  étant le débit maximum de l'émetteur,  $Q_{min}$  le débit minimum, et  $Q_{var}$  la variation du débit. Il est admis que la variation du débit de l'émetteur provenant de la fabrication suit une distribution statistique normale, dans laquelle la valeur moyenne plus deux fois l'écart type est considérée comme le débit maximum de l'émetteur et la valeur moyenne moins deux fois l'écart type comme son débit minimum. Cette échelle recouvre environ 95 pour cent des débits des émetteurs mesurés lors des tests.

Les résultats des tests concernant le  $C_{vf}$  des fabricants indiquent qu'avec un  $C_{vf}$  de fabrication de  $0.05 = 5\%$ , la différence entre le débit maximal et minimal peut atteindre 15%.

**L'uniformité de la diffusion (EU)** combine la variation due à la fabrication et celle causée par la pression. C'est un paramètre de conception du produit. Dans les nouvelles installations ou lorsqu'il n'y pas de colmatage de l'émetteur, l'EU (conception) est approximativement égale à l'UD.

$$EU = [(1 - 1.27(C_{vm})) * (Q_{min} / Q_{avg}) * 100]$$

Où

$C_{vm}$  = le coefficient de variation du fabricant

$Q_{min}$  = la baisse minimale de débit de l'émetteur due à la pression

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

$Q_{avg}$  = la baisse moyenne de débit de l'émetteur due à la pression..

L'uniformité réelle de la baisse de débit des goutteurs diminue avec le temps en raison du colmatage partiel des goutteurs, de leur déformation et de celle de leurs membranes de compensation, de même que des dégâts mécaniques causés aux canalisations latérales. Des inspections quotidiennes régulières et la correction des mesures sont nécessaires pour garantir la distribution uniforme de l'eau dans un plan irrigué à long terme.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE



## Chapitre 10. L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE DES CULTURES

L'irrigation au goutte-à-goutte convient à la plupart des cultures agricoles ainsi qu'à de multiples usages en jardinage et en architecture de paysages. L'utilisation de substrats hors sol solides pour l'hydroponie a permis son extension à l'agriculture industrielle abritée.

Dans le monde entier, de considérables économies en eau ainsi qu'une impressionnante augmentation de la productivité ont pu être obtenus grâce à la conversion de irrigation en surface traditionnelle aux techniques du goutte-à-goutte. Le tableau 18 présente des données provenant de l'état de Maharastra en Inde. Les chiffres se rapportent à la troisième année suivant le passage de l'irrigation de surface au goutte-à-goutte.

Les cultures réagissent différemment aux techniques du goutte-à-goutte.

Les cultures permanentes tirent bénéfice de l'application localisée de l'eau qui réduit les interférences entre l'irrigation et les autres activités agricoles, ainsi que des fréquents arrosages et applications d'éléments nutritifs et de la diminution du risque de salinité dans la zone radiculaire.

**Table 18. Augmentation de la productivité et économies en eau obtenues par le passage de l'irrigation en surface au goutte-à-goutte**

Culture	Augmentation de la productivité %	Economie en eau %
Banane	52	45
Raisin	23	48
Citron doux	50	61
Grenade	98	45
Canne à sucre	33	56
Tomate	50	39
Pastèque	88	36
Coton	27	53
Chou	2	60
Papaye	75	68
Radis	2	77
Betterave	7	79
Piment de Canne	44	62
Patate douce	39	60

D'après Desai & Sudhakar, 1993

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Les cultures annuelles bénéficient d'économies substantielles en eau pendant les premières étapes de leur développement, ainsi que des fréquentes applications d'eau et d'éléments nutritifs. Elles connaissent également moins de maladies favorisées par une humidité importante.

### L'irrigation au goutte-à-goutte des vergers

L'introduction de l'irrigation au goutte-à-goutte dans les vergers y a modifié le régime d'application de l'eau et des éléments nutritifs de façon significative. Auparavant, la politique d'irrigation était d'espacer le plus possible les intervalles entre les arrosages. L'idée qui prévalait était qu'en provoquant un développement en profondeur du système racinaire des arbres, ceux-ci supporteraient mieux le manque d'eau sans perte de rendement ni de qualité.

Les intervalles de 20 à 30 jours entre les irrigations étaient courants et de grands volumes d'eau étaient appliqués à chaque fois.

Après l'introduction de l'irrigation au goutte-à-goutte, il s'avéra que la plupart des arbres fruitiers réagissaient de façon positive à de fréquentes applications de petites quantités d'eau. L'examen des racines révéla que, contrairement à la croyance traditionnelle, dans certaines conditions de sol, par exemple dans les terrains à couches supérieures peu profondes, les sols stratifiés, mal aérés ou lors de l'existence d'une nappe phréatique située à faible profondeur, un système racinaire peu profond et de fréquents arrosages, les cultures en tireront profit

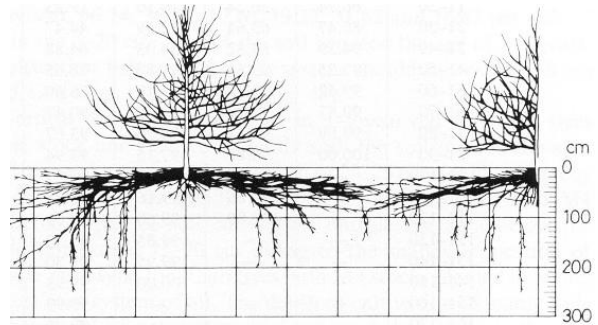


Fig. 97. Système racinaire du pommier dans un sol bien aéré

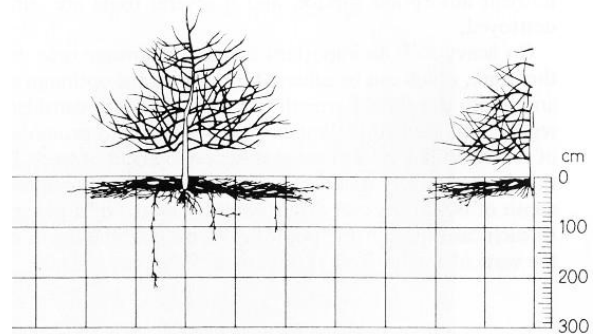


Fig. 98. Système racinaire du pommier dans un sol compact Adapté de Tamasi 1986

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Il existe différents modèles de disposition des goutteurs dans les vergers. Dans les sols à texture lourde ou moyenne, un seul drain latéral le long de la rangée suffit généralement. Dans les sols sableux ou peu profonds, de meilleurs résultats sont obtenus en plaçant deux conduites latérales espacées de 20 à 60 cm de chaque côté de la rangée de culture. Il est encore possible de disposer les goutteurs en boucle, en demi-cercle, en étoile, en méandre, en "serpentin" ou encore en arête de poisson autour du tronc (voir schéma ci-contre).

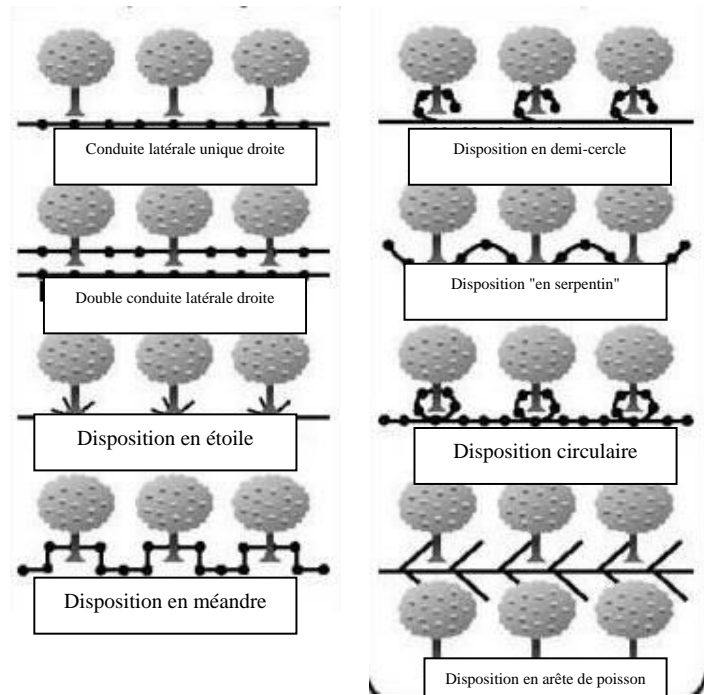


Fig. 99. Dispositifs d'irrigation au goutte-à-goutte dans les vergers

Les économies en eau les plus significatives dans les vergers sous irrigation au goutte-à-goutte s'effectuent au cours des premières années, avant la nouaison. Certains types de conduites latérales permettent l'ouverture des orifices d'eau adjacents à l'arbre uniquement pendant les premières années du verger. Les orifices fermés entre les arbres sont graduellement débouchés au cours de la phase d'expansion du système racinaire.

Certaines cultures fruitières tirent particulièrement avantage du goutte-à-goutte, alors que d'autres sont mieux adaptées à l'irrigation par aspersion et par micro gicleur.

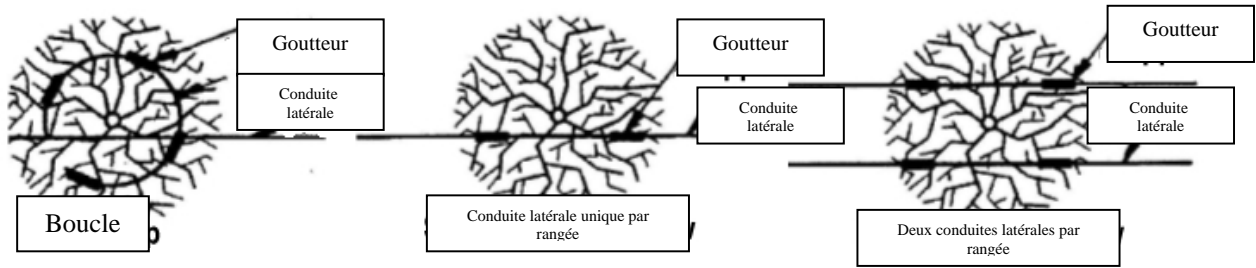
Le passage de l'irrigation en surface au goutte-à-goutte pour la culture des bananes a permis des économies en eau de l'ordre de 50 à 70%. Une conduite latérale par rangée suffit.

L'irrigation au goutte-à-goutte et la fertigation des raisins de table et à vin a amélioré la productivité et la qualité des vignobles, et contribué à d'impressionnantes économies en eau. Pour éviter le fréquent endommagement des conduites latérales en surface, on suspend fréquemment celles-ci à 30 cm au-dessus du sol en les attachant par une bride au fil de fer le plus bas du treillis.



Fig. 100. Conduites latérales suspendues sur les treillis dans les vignes

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE



**Fig. 101. Modèles de disposition des goutteurs dans une plantation de noyers-pécansiers**

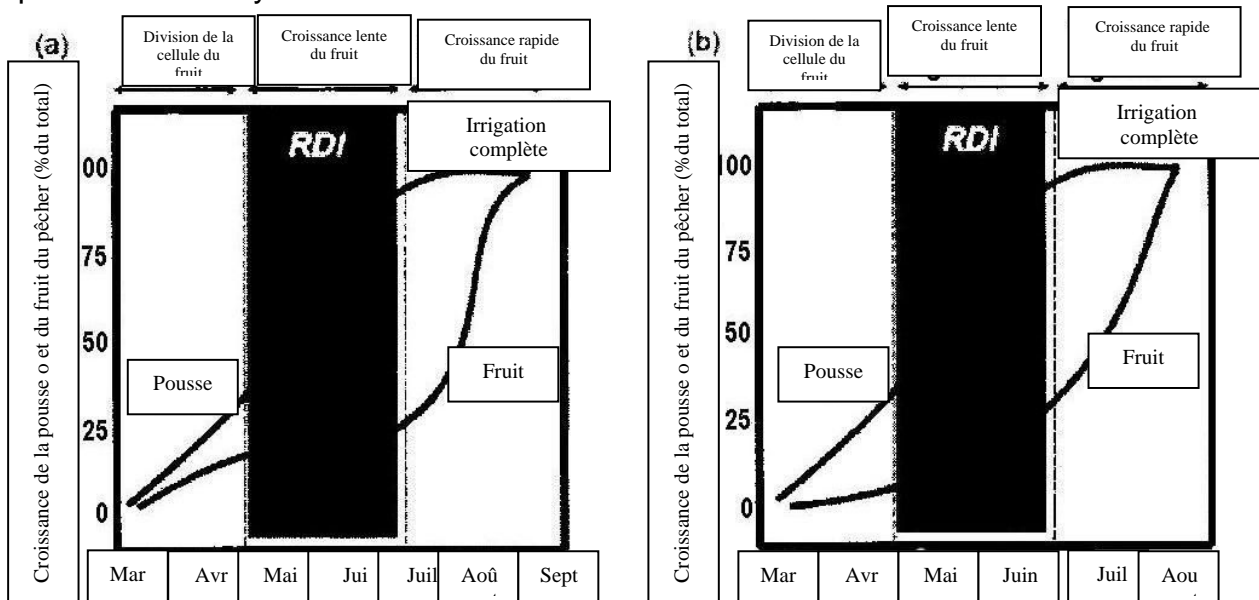
L'introduction de la mécanisation de la récolte et des machines à élagage a accéléré le passage au SDI. L'enterrement des conduites latérales évite leur endommagement par les outils.

Dans les vergers aux arbres largement espacés, comme les plantations de noyers-pécansiers, plantés tous les 10 à 15 mètres, un seul drain latéral par rangée ne suffit généralement pas à satisfaire les besoins en eau des arbres. Il est recommandé d'en utiliser deux par rangée, ou de les poser en boucles autour des troncs.

Lorsqu'on envisage une irrigation au goutte-à-goutte d'agrumes ou autres cultures sub-tropicales comme l'avocat ou la mangue, il ne faut pas oublier que cette forme d'arrosage n'a aucune influence sur le microclimat, à la différence des systèmes de gicleurs ou d'asperseurs, susceptibles de réduire ou d'éviter les conséquences des conditions climatiques exceptionnelles, comme les canicules ou le gel en diminuant ou en augmentant la température ambiante.

Dans les vergers d'arbres fruitiers à feuillage caduc, comme les pêchers, les pruniers, les pommiers, les poiriers, et les vignobles, le goutte-à-goutte facilite la mise en œuvre de systèmes innovant d'économie en eau comme le RDI et le PRD.

Le RDI (Déficit par Irrigation régulée) est basé sur le fait que certaines étapes phénologiques de croissance sont moins sensibles au manque d'eau qu'à d'autres phases de leur cycle.



**Fig. 102. Courbes typiques de la croissance de la pousse et du fruit du pêcher (gauche) et du poirier (droite)**

Par exemple, la croissance des pêches est plus lente pendant l'étape du durcissement du noyau, d'une durée d'entre 45 et 60 jours. Le réapprovisionnement

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

du déficit en eau transpirée pendant cette période n'affecte que légèrement la taille finale du fruit à la récolte et ne réduit pas le rendement. Des économies en eau allant jusqu'à 20% de la quantité annuelle peuvent être obtenues. Dans le cas des poires, l'étape la plus insensible de la croissance est plus courte, et les économies en eau réalisées grâce au RDI s'élèvent à entre 10 à 15% de la consommation annuelle. Des résultats similaires ont été obtenus pour les prunes, le raisin de table et à vin et les amandes.

Le déficit hydrique appliqué aux raisins à vin pendant *la période postérieure au développement des baies*, réduira la croissance végétative. Cette méthode provoque une amélioration significative de la qualité du vin.

Le RDI peut également être appliqué à l'aide d'autres méthodes de micro irrigation, comme les pulvérisateurs ou les micro asperseurs; cependant, les économies en eau sont alors moins nettes.

Le PRD (Assèchement partiel des racines) a été développé en Australie. Il constitue à arroser alternativement chaque côté du système racinaire en utilisant deux canalisations latérales par rangée. Cette méthode permet de minimiser le manque d'eau dans les vignes en utilisant seulement la moitié - ou légèrement plus - du volume d'eau qui serait nécessaire à l'irrigation de la zone entière.

Le PRD est basé sur le maniement des mécanismes de contrôle de transpiration de la plante. Environ la moitié du système racinaire est maintenu dans un état sec ou en passe d'assèchement, alors que l'autre reste mouillée. Pour le raisin de cuve, l'arrosage et l'assèchement sont alternés dans un cycle de 10 à 14 jours.

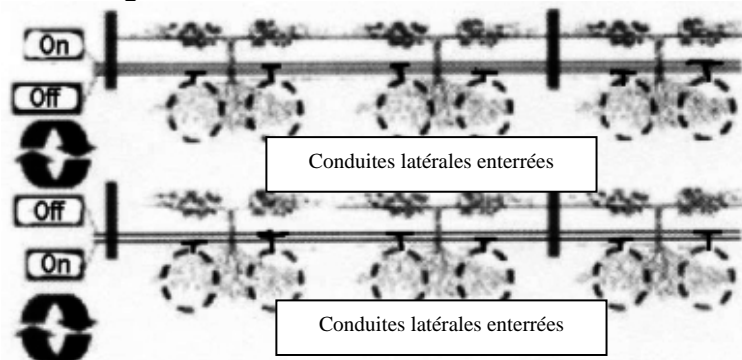


Fig. 103. Assèchement partiel de la zone racinaire avec deux canalisations latérales par rangée

Le PRD économise plus d'eau que le RDI (jusqu'à 40% pour les raisins de table et de cuve) et de plus, améliore la qualité du vin de certaines variétés.

### Canaux de nutrition

*La mise en œuvre du goutte-à-goutte dans des canaux de nutrition contribue également à surmonter les difficultés de gestion des vergers dues aux conditions de sol difficiles comme la compaction ou l'alcalinité.*

Cette technologie consiste à creuser un ou deux fossés de 30 à 50 cm de profondeur sur 20 cm de large à une certaine distance de la rangée d'arbres. Leurs flancs sont protégés par un tissu géochimique. Ces fosses

sont remplies d'agrégats de tuf volcanique, de pierre ponce, de gravier ou de perlite. Une canalisation latérale est placée dans chaque fossé. Pendant la saison d'irrigation, l'eau et les éléments nutritifs sont déposés par pulsions plusieurs fois par jour suivant un régime identique à celui de l'irrigation sous serre.

Les résultats les plus impressionnants ont été obtenus dans les plantations de manguiers. Les rendements y ont été accrus de 5 à 10 t/ha à 40 à 50 t/ha. Les pêches, les nectarines et le raisin de table ont également réagi positivement, mais dans une moindre mesure.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte des cultures en champ et des cultures fourragères**

L'irrigation au goutte-à-goutte est en compétition avec l'irrigation mécanisée des cultures en champ, meilleur marché lorsqu'elle est appliquée à des parcelles larges, rectangulaires et planes. Le goutte-à-goutte est recommandé pour les petits terrains, de forme irrégulière ou présentant des conditions topographiques particulièrement difficiles.

Le SDI est largement utilisé pour l'irrigation des cultures en champ. La précision requise pour l'ensemencement et la plantation des mêmes rangées tous les ans est réalisée par l'installation d'un système GPS sur les machines agricoles.

En goutte-à-goutte de surface, les canalisations latérales sont posées au début de la saison d'irrigation et récupérées après la récolte pour éviter l'endommagement de l'équipement.



Fig. 104. Manguiers poussant sur des canaux de nutrition (à droite) vs contrôle (à gauche)



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

L'intervalle entre les rangées et celui entre les plants d'un même rang n'est pas le même pour toutes les cultures en champ. L'espacement des canalisations latérales et des goutteurs doit être semblable à celui des cultures. L'intervalle entre les rangées est modifié pour certaines cultures dans le but de réduire le nombre de canalisations latérales. Par exemple, au lieu d'une distance uniforme d'un mètre entre les lignes, celles-ci peuvent être groupées par paire à 0.80 m l'une de l'autre, avec un intervalle d'1.20m entre les rangées de paires adjacentes. Ceci permet l'installation d'une canalisation latérale entre chaque paire (à 40 cm de chaque rangée), au lieu d'une par rang. Ce système diminue la longueur totale des canalisations latérales dans la parcelle de 50%. En SDI, il existe toujours des dilemmes concernant l'espacement et la profondeur de l'installation des canalisations latérales. Pour les cultures à racines profondes, comme le coton, poussant sur des sols lourds, l'intervalle entre les conduites latérales peut être de deux fois la distance entre les rangs, soit approximativement 2 m. Ceci implique de faire germer les cultures au moyen d'un système d'arrosage indépendant, par exemple grâce à des machines d'irrigation autopropulsées. Pour les cultures au système racinaire peu profond, l'espace maximum entre les conduites latérales est d'1 m. et la profondeur d'installation de 30 à 40 cm. Ceci limite les possibilités de travail mécanisé du sol.

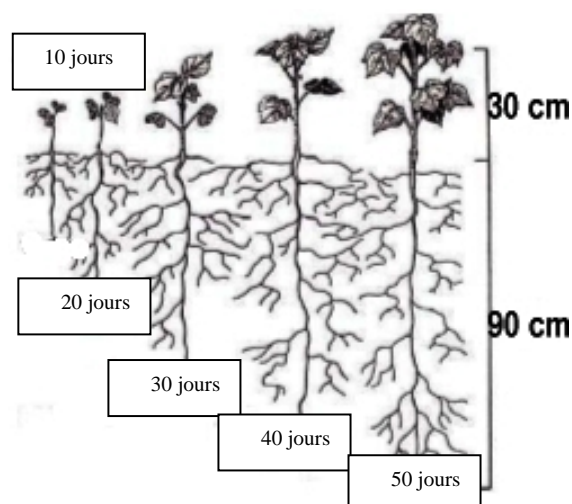


**Fig. 105. Déploiement mécanique des conduites latérales** Tiré de la brochure "Naan"

### L'irrigation au goutte-à-goutte du coton

L'irrigation au goutte-à-goutte du coton est appliquée surtout dans des sols peu profonds, sur des parcelles peu étendues ou irrégulières et sur les pentes raides. Elle utilise principalement des canalisations latérales récupérables, posées après les plantations et ramassés avant la récolte. Le matériel mis au point pour cette technique permet de prévoir jusqu'à 8 rangées par bande. Les systèmes de SDI sont utilisés surtout sur des sols compacts et lourds, pour éliminer le passage des équipements mécaniques de pose et de ramassage des conduites sur un sol mouillé.

Le coton étant une culture non comestible



**Fig. 106. Développement de la racine du coton**

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

relativement résistante à la salinité, il peut être en grande partie irrigué au moyen d'eau de récupération de basse qualité ou d'eau saumâtre. L'emploi d'eau de récupération exige l'utilisation de systèmes de filtration de haute qualité.

### L'irrigation au goutte-à-goutte des tomates pour l'industrie

Le goutte-à-goutte présente de nombreux avantages pour la culture des tomates destinées à l'industrie. L'adaptation optimale de l'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs en fonction des conditions climatiques, des étapes phénologiques du rendement potentiel et des dates de récoltes prévues, permet d'augmenter la productivité et d'améliorer au maximum la matière sèche du fruit et son contenu en sucre. Les tomates pour l'industrie sont semées selon un intervalle de 1.5 à 2 m entre les rangées et utilisent une ou deux conduites latérales par rang, en fonction de la texture du sol, de sa profondeur et de sa stratification.

L'installation du SDI élimine l'inconvénient du ramassage des conduites latérales sous les plants de tomates. On a aussi noté une amélioration de la qualité résultant d'une meilleure utilisation des éléments nutritifs et l'élimination du mouillage de la surface du sol.

### L'irrigation au goutte-à-goutte des pommes de terre

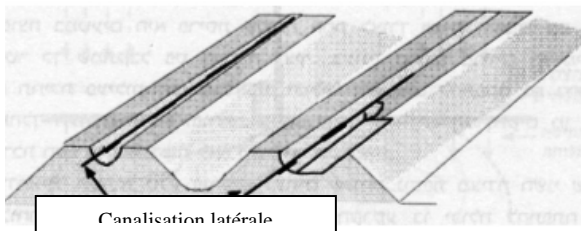


Fig. 107. Canalisations latérales au sommet des tertres de pommes de terre

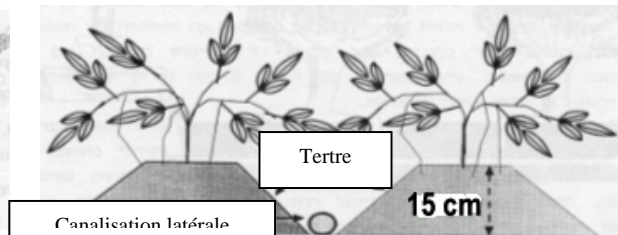


Fig. 108. Canalisation latérale entre les tertres  
D'après Kremmer & Kenig

L'irrigation au goutte-à-goutte des pommes de terre a été controversée pendant de longues années. Les producteurs prétendaient qu'elle provoquait le développement de malformations du bulbe. L'enterrement des conduites latérales à une profondeur de 5 à 15 cm, combiné à un espacement réduit de 10 à 20 cm entre les goutteurs disposés le long de la canalisation, élimine ce problème par l'arrosage d'une bande continue le long de la rangée. L'installation d'une conduite latérale sur chaque tertre est essentielle dans les sols sableux ou à texture moyenne. Celle-ci doit être posée dans une rainure peu profonde de façon à la maintenir sur le haut du tertre et à diminuer les écoulements le long des pentes. Sur les sols lourds, les drains latéraux peuvent être posés entre deux tertres de façon à ce que la zone racinaire reste bien aérée.



Fig. 109. Pommes de terre – avec une seule conduite latérale par rangée Par courtoisie de "Netafim"



### **L'irrigation au goutte-à-goutte du maïs**

Le maïs s'avère être l'une des cultures les plus adaptées à l'irrigation au goutte-à-goutte. L'approvisionnement optimal en éléments nutritifs contribue au développement de plus gros épis, augmentant le rendement. On pose une conduite latérale par rangée, ou entre deux rangs disposés par paire, suivant le type de sol.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte de l'alfalfa**

L'alfalfa est l'une des dernières cultures à avoir été converties au goutte-à-goutte. En raison de la grande densité de sa plantation, le passage au goutte-à-goutte y était considéré comme injustifié sur le plan économique. L'utilisation d'eau de récupération pour l'irrigation de l'alfalfa exige l'installation du SDI afin d'éviter la contamination des cultures par des pathogènes. Le système racinaire en profondeur de l'alfalfa permet d'espacer les conduites latérales de 1 à 1.2 m sans diminuer le rendement.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte des légumes**

La plupart des légumes, qu'ils soient cultivés dans les champs ou sous des structures de protection, réagissent positivement à l'irrigation au goutte-à-goutte et à la fertigation. Des courbes de consommation d'eau et d'éléments nutritifs ont été établies pour de nombreuses espèces, le goutte-à-goutte facilitant l'approvisionnement selon ces courbes. La technique principale pour les cultures de plein champ est l'irrigation au goutte-à-goutte avec récupération saisonnière des drains. Le SDI est rarement installé. En Californie, pionnier du SDI pour les légumes, on a noté récemment un retour au goutte-à-goutte traditionnel, les canalisations latérales restant posées à la surface du sol, en raison de problèmes pendant la germination et de l'émergence de culture utilisant le SDI. Pour certaines espèces, une diminution du rendement a été observée lors de l'utilisation à long terme du SDI.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte des tomates cultivées en plein champ, des poivrons et des aubergines**

L'irrigation au goutte-à-goutte des principales espèces de la famille des solanacées (en plus des pommes de terre et des tomates pour l'industrie mentionnés ci-dessus), a largement augmenté dans le monde entier au cours des trois dernières décades. Les économies en eau et la diminution du nombre des mycoses en comparaison de l'irrigation par aspersion, l'amélioration de l'approvisionnement en éléments nutritifs par rapport à l'irrigation par sillon, ainsi que les rendements accrus, ont convaincus les agriculteurs d'accroître les zones irriguées au goutte-à-goutte pour ces cultures. La disposition privilégiée est celle d'une conduite latérale par rangée. Le type de sol détermine l'espacement entre les goutteurs sur la canalisation, qui s'étend de 10 cm sur des tuyaux à parois fines et en terrain sableux à 50 cm sur des sols lourds.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte des fraises**

Les fraises poussent généralement sur des tertres de quatre rangées sous paillis de plastique en plein champ. L'espace entre les rangées est de 20 à 30 cm, et de 10 à 30 cm entre les plantes sur une même ligne. L'agencement le plus courant est celui d'une canalisation latérale entre chaque paire de rangées et un intervalle de 10 à 30 cm entre les goutteurs le long de la conduite. Celles-ci sont installées sous le paillis de plastique pour diminuer l'influence du botrytis, dont la propagation est favorisée par le contact direct des baies avec le sol mouillé.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte des concombres, des melons et des pastèques**

Le large espacement (1 à 2 m) entre les rangées de culture dans la famille des cucurbitacées entraîne de considérables économies en eau pendant les premières étapes de la croissance avant que le feuillage ne recouvre complètement la surface du sol entre les rangées. L'agencement ordinaire comprenant une conduite latérale par rangée rend ce système relativement peu cher.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte du céleri**

Le céleri pousse sur des tertres de 4 rangées, de 1.5 à 2 m de large. Les canalisations latérales sont installées au centre de chaque paire de rangées. Les goutteurs sont espacés de 20 à 30 cm de chaque côté de la conduite d'amenée.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte du chou et de la laitue**

Le chou et la laitue sont cultivés sur des tertres de 4 rangées d'1.5 à 2 m; de large. Les canalisations latérales sont posées au milieu de chaque paire de rangées et les goutteurs espacés de 20 cm le long du tuyau.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte du chou-fleur**

Le chou-fleur pousse sur un terre à double rangée de 1.2 à 1.8 m de large. Sur des sols lourds ou à texture moyenne, la disposition est composée d'une canalisation latérale par terre au milieu des deux rangées. Sur des sols sableux, il est préférable d'utiliser un drain latéral par rangée. L'intervalle entre les goutteurs le long de la canalisation est de 20 à 30 cm.

### **L'irrigation au goutte-à-goutte des cultures sous abris**

Il existe plusieurs degrés de protection environnementale des cultures sous abris. Le plus haut degré est constitué par la serre en verre, entièrement équipée de mécanismes de régulation de l'environnement, de l'irrigation et de nutrition. Puis viennent les serres recouvertes de plastique et les serres tunnel. L'espace sous serre peut être divisé entre les cultures poussant sur leur sol d'origine et celles utilisant divers types de substrats hors sol. Dans certaines de ces structures, un contrôle environnemental total est maintenu. Dans la plupart des cas cependant, seules l'irrigation et la nutrition sont contrôlées automatiquement. Un degré de contrôle moins élevé est maintenu dans les tunnels bas. Le contrôle de l'environnement y est partiel, néanmoins l'irrigation et la nutrition de la plante peuvent y être entièrement contrôlés. Le degré de protection le plus bas est fourni par le paillis de plastique qui recouvre le sol pour préserver l'eau, réduire les variations de température dans la zone racinaire et éliminer le contact direct du fruit et du feuillage avec le sol et l'eau d'irrigation.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE



**Fig., 110. Irrigation au goutte-à-goutte sous serres à grande échelle** par courtoisie de "Netafim"

Mis à part certaines circonstances spécifiques dans lesquelles l'humidité relative régnant sous la structure abritante peut être augmentée par vaporisateur, brumisateuse ou pulvérisateur, la plupart des cultures sous abris sont irriguées au goutte-à-goutte. Dans le cas des cultures sur sol d'origine la disposition du système de goutte-à-goutte est identique à celui mis en place en plein champ. La seule différence est que les cultures abritées poussent la plupart du temps sur des sols à texture grossière, qui peuvent être importés à partir d'une source externe si le sol d'origine locale est d'une texture trop fine. Les sols à texture grossière requièrent un espacement plus étroit entre les conduites latérales et les goutteurs, et des intervalles plus courts entre les arrosages.

La plupart des bacs hors sol possèdent une faible capacité de rétention d'eau et requièrent de fréquents arrosages et une disposition plus dense des conduites latérales et des goutteurs. Pour les plantes en pots, on utilise des goutteurs à orifices multiples, ou des goutteurs spécialisés comme les goutteurs flèche.

Beaucoup de substrats hors sol sont composés de matériaux entièrement ou partiellement inertes, et donc une fertilisation complète est nécessaire, incluant l'ensemble des 15 éléments nutritifs des plantes. Certains d'entre eux ne peuvent être mélangés sous leur forme concentrée, et il est nécessaire d'utiliser 2 à 4 réservoirs différents, contenant chacun son propre injecteur. Les systèmes les plus sophistiqués emploient un réservoir mixte dans lequel 2 à 4 éléments nutritifs différents sont mélangés et injectés dans le système d'irrigation. Dans certains mélangeurs, le mélange nutritionnel est dilué avec de l'eau afin d'obtenir la concentration nutritive souhaitée, puis introduit dans le système d'irrigation tel quel.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Les serres à environnement contrôlé coûtent cher. Par conséquent, dans le but d'optimiser les revenus, l'espace disponible est rempli au maximum: plantes en pots, bacs de propagation, greffes et plateaux pour la germination de transplants sont disposés sur plusieurs niveaux horizontaux, en paliers superposés. Les goutteurs à orifices multiples sont les émetteurs d'irrigation les plus économiques dans le cadre de cet agencement.



**Fig. 111. Irrigation au goutte-à-goutte des plantes en pots sous serre** Par courtoisie de "Netafim"

Les serres recyclant l'eau de drainage pour la réutiliser dans l'irrigation requièrent des systèmes de stérilisation comme les radiations d'ultraviolets (UV), le chauffage de l'eau recyclée à une haute température ou des filtres à sable lents (SSF). Ces dispositifs sont nécessaires pour prévenir les infections par des éléments nuisibles susceptibles de se trouver dans l'eau de drainage recyclée, comme les champignons, les bactéries, les nématodes et les virus.

Tous ces systèmes sont gérés et contrôlés par différents détecteurs et contrôleurs informatisés.

### **Irrigation au goutte-à-goutte et architecture de paysage**

L'irrigation au goutte-à-goutte a été étendue à l'architecture de paysage dans les domaines privé et public. L'équipement convenant à l'architecture de paysage privée à petite échelle se compose de goutteurs ajustables pour faciliter l'arrosage simultané de plantes possédant différents besoins en eau. Ces goutteurs ajustables sont également utiles dans le cas de variations des besoins en eau de ces plantes au cours de la saison d'irrigation.



**Fig. 112. L'irrigation au goutte-à-goutte des bas-côtés des routes** Par courtoisie de "Netafim"

Le SDI est intensivement utilisé sur les pelouses et les terrains de golf, et pour les équipements sportifs comme les terrains de football et les courts de tennis. La densité des goutteurs est beaucoup plus élevée sur les pelouses que dans l'agriculture. Un intervalle de 40 à 50 cm entre les conduites latérales est de rigueur sur les pelouses sableuses et sur les terrains de sport recouverts d'agréats grossiers, comme le tuf volcanique, le pumice, le gravier et la perlite.

L'irrigation au goutte-à-goutte présente la solution optimale pour l'arrosage des bas-côtés des routes, le long des trottoirs et des échangeurs. En plus des économies substantielles en eau d'irrigation, elle élimine les dangers pour la circulation causés par les routes et les trottoirs mouillés.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

L'approvisionnement en eau des jardins est fréquemment relié au réseau d'approvisionnement en eau potable. Ce fait implique l'installation de dispositifs anti-reflux. Dans de nombreux pays, l'installation et la gestion de ces dispositifs sont rendues obligatoires par la loi ou les règlements des autorités locales.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Chapitre 11. LES PRINCIPES DE BASE DE LA PLANIFICATION D'UN RESEAU DE GOUTTE-A-GOUTTE

Lors de la conception d'un nouveau système d'irrigation au goutte-à-goutte, un certain nombre de paramètres doit être pris en compte de façon à le rendre durable et à le rentabiliser de manière optimale.

La première étape doit consister dans la comparaison entre les besoins en eau des cultures et la capacité d'approvisionnement hydraulique annuelle disponible. La capacité de débit du système doit être comparée aux besoins en pleine saison.

Les données de base peuvent être divisées en un certain nombre de catégories: climat, techniques agricoles, propriétés du sol, topographie, capacité et qualité de l'approvisionnement en eau, équipement disponible.

### Données climatiques et agricoles

1. Evaporation journalière maximale en pleine saison (mm/j). Mesurée au moyen d'un bac de classe « A » ou calculé à partir de données climatiques.
2. Besoin journalier net en eau des cultures (mm/j) = évaporation journalière X coefficient propre à chaque culture – mm (multiplié par 10 = besoin en eau journalier net de la culture spécifique m<sup>3</sup>/ha/j).
3. Besoin en eau journalier brut (mm/j) = besoin en eau journalier net de la culture divisé par l'efficacité d'irrigation (exprimée en pourcentage ou par une fraction décimale).
4. besoin journalier net en eau par zone irriguée (mm/j ou m<sup>3</sup>/j) = besoin net journalier X superficie de la zone irriguée (ha).
5. besoin horaire brut en eau = besoin journalier brut divisé par le nombre d'heures d'approvisionnement en eau. Celles-ci n'excèdent jamais 20 heures par jour. Les heures supplémentaires sont mises de côté pour l'entretien.

Exemple:

Evaporation journalière maximale pendant la saison d'irrigation: 8 mm  
Coefficient de culture: 0.7 (70%)  
Superficie journalière irriguée: 30 ha.  
Efficacité d'irrigation: 80%  
Heures d'approvisionnement en eau disponibles par jour: 14h  
Besoin en eau journalier net de la culture: 8mm/j X 0.7 = 5.6 mm/j (56 m<sup>3</sup>/ha/j)  
Besoin en eau journalier brut de la culture: 56 m<sup>3</sup>/ha/j./80% = 70 m<sup>3</sup>/ha/j.  
Besoin journalier brut en eau par zone irriguée: 70m<sup>3</sup>/ha/j. X 30 ha = 2100 m<sup>3</sup>/j  
Besoin en eau horaire: 2100 m<sup>3</sup>/j. /14 h/j. = 150 m<sup>3</sup>/h

### Données spécifiques à la culture

Données de rotation de la culture

Durée de la saison de croissance

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Espacement entre les rangées et entre les plants sur la même ligne

Profondeur de la zone radulaire

Courbes de consommation en eau et en éléments nutritifs (nécessaires pour la planification du système de fertigation)

### **Propriétés du sol**

Profondeur du sol

Texture et structure du sol

Gravité spécifique

Densité de la masse volumique

Pourcentage de saturation, capacité au champ, point de flétrissement

Présence de couches stratifiées

Taux d'infiltration et de conductivité hydraulique, si disponible

Salinité du sol

**Topographie:** cartes topographiques

### **Capacité d'approvisionnement en eau**

Propriétés de la source d'eau (rivière, lac de retenue, réservoir, puits, approvisionnement public/commercial)

Heures d'approvisionnement (s'il s'agit d'un fournisseur externe ou plafonds de l'approvisionnement en électricité)

Débit horaire maximum (décharge)

Pression au point de connexion avec le système d'approvisionnement (s'il s'agit d'un fournisseur externe)

Qualité de l'eau (contamination physique, salinité)

### **Équipement existant**

Existence d'un équipement de pompage, canaux de distribution et de répartition, accessoires etc.

### **Considérations préliminaires**

Les considérations préliminaires comprennent le choix du type de goutteur, du débit et de la pression de fonctionnement recommandée. Ces paramètres doivent prendre en compte l'espacement des cultures et les propriétés du sol.

La forme du mouillage du sol par le goutteur constitue un facteur important à cet égard.



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

La forme de mouillage du sol est déterminée par le débit du goutteur, le taux d'infiltration du sol (exprimé en mm/h) et la conductivité hydraulique (exprimée en mm/s). Ces deux derniers paramètres sont problématiques: le premier diminue au cours de l'irrigation, le second se mesurant dans un sol saturé, alors qu'en irrigation au goutte-à-goutte, il existe un mouvement de l'eau également lorsque le sol n'est pas saturé.

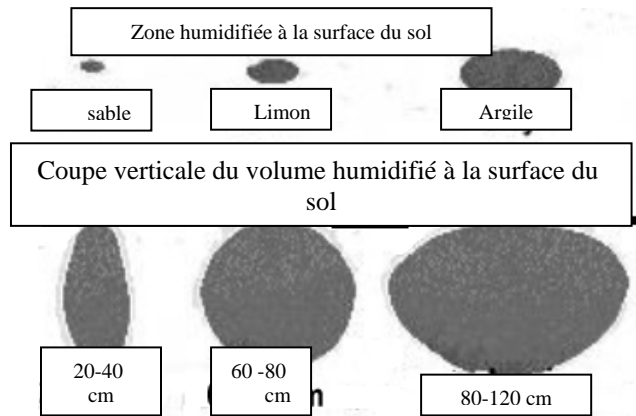


Fig. 113. Volume de sol humidifié dans différents types de sol

Des modèles permettant l'estimation de la forme du mouillage ont été développés par Schwarzman et Zur (1986) et par Shani (1987).

Dans le premier, le diamètre du volume de sol humidifié dépend du débit du goutteur:

$$D = K \times 1.32z^{0.35} \times q^{0.33} \times K_s^{-0.33}$$

Où:

K = coefficient empirique (29.2)

D = diamètre humidifié, en m

z = profondeur de mouillage désirée, en m

q = débit du goutteur, en l/h

$K_s$  = conductivité hydraulique à saturation, en mm/s

Si la parcelle irriguée est uniforme (une même et unique culture au même stade phénologique), la distribution de l'eau doit être aussi uniforme que possible. Dans la conception des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte, la différence maximale de débit entre les émetteurs dans la parcelle admise est de 10%, soit 5% au-dessus et au-dessous de la moyenne.

La première étape de la conception du système est le calcul de la perte de pression lors de l'écoulement de l'eau dans les tuyaux. Il existe différentes formules pour effectuer ce calcul. On utilise généralement des tableaux, des nomogrammes, des calculateurs en ligne ou des logiciels spécialisés.

Lors de la conception du système de goutte-à-goutte, il est recommandé d'analyser plusieurs possibilités, comparant les coûts d'investissement initial, du travail et des dépenses d'énergie.

**Exemple:** Conception d'un système de goutte-à-goutte dans un verger de pommiers.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

### Données concernant la culture:

Culture: pomme

Variété: Golden Delicious

Superficie: 10.4 ha.

Espacement: 4 X 4 m

Saison d'irrigation: avril à octobre.

Récolte: septembre à octobre.

Profondeur radicaire active: 80 cm

Déficit en eau maximum autorisé: 40%

Coefficient de culture maximum: 0.9

### Données concernant le sol:

Texture: limon argileux.

Profondeur: 1.20 à 1.50 m.

Densité de la masse volumique: 1.4

Capacité au champ: 32% V/V

Point de flétrissement: 15% V/V

Eau disponible: 17% V/V

Diamètre du volume de sol humidifié (par un goutteur unique): 80 cm (selon essai touche)

### Données climatiques

Evaporation journalière en saison *bac de classe* « A »: 8 mm.

### Données d'approvisionnement en eau

Nombre maximum d'heures d'approvisionnement: 14 heures par jour.

Débit horaire maximum disponible: 100 m<sup>3</sup>/h

Eau EC: 1.2 dS/m

Contenu en chlore: 150 mg/l

### Calcul du besoin en eau en saison

8 mm/d X 7.68 ha. = 61.44 mm/d = 614 m<sup>3</sup>/d (1 mm = 10 m<sup>3</sup>/ha.)

Besoin horaire moyen: 614/14 = 43.9 m<sup>3</sup>/h. Les besoins sont compatibles avec les seuils d'approvisionnement.

Les solutions initiales examinées sont: le goutteur en ligne 122 de "Netafim" sans dispositif de compensation de pression (OD = 12 mm) d'un débit de 2.1l/h à une pression de 10 m et de 2.6 l/h à une pression de 15 m, avec un espacement d'1 m entre les goutteurs sur la conduite.

La deuxième possibilité serait le goutteur compensateur de pression 16 de Ram (OD = 16 mm) d'un débit de 1.2l/h, avec un espacement de 50 cm entre les goutteurs sur la canalisation.

Les fabricants publient des données sur la longueur maximale possible des conduites latérales sur terrain plat, permettant de maintenir le taux de variation du débit des goutteurs dû à la friction dans les canalisations autour de 10% (+/- 5% de la moyenne).

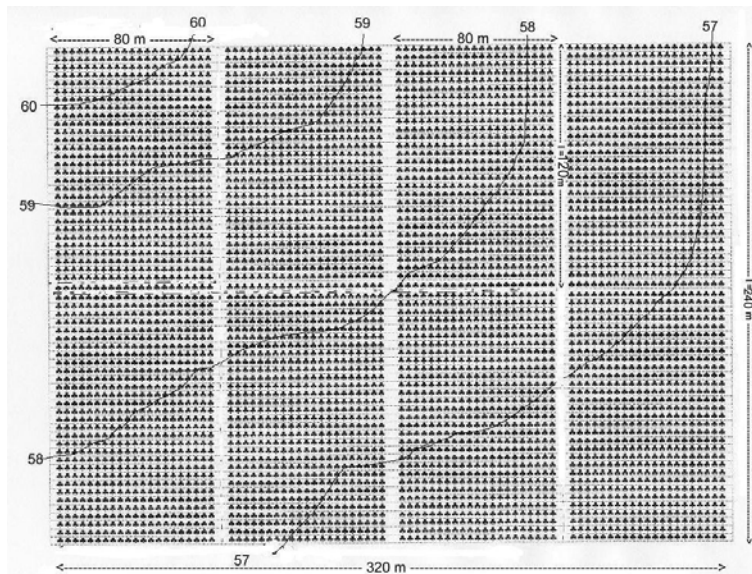


Fig. 114. Verger de pommiers – 7.68 Ha

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Tableau 19. Données du fabricant sur la longueur possible des canalisations latérales dans les différentes solutions examinées.

Longueur maximale des canalisations latérales (en m.) pour les goutteurs en ligne "Netafim" sur un sol nivelé avec une variation de débit de 10%.

Type de conduit	Ø mm	Débit l/h	Espacement des goutteurs - en m							
			0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.25	1.50
121	12**	1.0	47	60	73	84	106	127	150	171
122		2.0	30	38	46	54	68	87	96	111
124		4.0	19	25	31	36	45	54	63	73
161	16***	1.0	83	104	124	142	176	207	242	274
170		1.5	63	79	95	108	164	158	185	210
162		2.0	53	66	79	91	112	133	156	177
164		4.0	35	44	52	60	75	88	103	117
168		8.0	22	27	33	37	47	55	65	73

\* Pression distale=10 m. \*\* O.D.=12.5 mm / I.D.=10.1 mm. \*\*\* O.D.=15.8 mm / I.D.=13.2 mm.

Goutteur compensateur de pression (PC) Ram 16 (OD 16 mm), Débit 2.3 l/h, longueur possible des canalisations (m), pression distale = 10 m										
Pression à l'orifice (en m)	Espacement des goutteurs - en m									
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.2
15	38	50	61	72	93	113	132	168	201	235
20	44	57	70	83	107	130	152	193	231	275
25	48	63	77	91	118	143	168	214	255	305
30	52	68	83	99	128	155	181	230	276	325
35	55	72	89	105	136	165	193	246	294	351
40	58	76	94	111	143	174	203	259	310	376

Les goutteurs et les canalisations latérales sont choisis fonction des données du fabricant. Le tableau présentant les caractéristiques d'un goutteur hydraulique en ligne montre que pour des canalisations latérales de type 122 munies de goutteurs espacés d'1 m. une longueur de 80 m. est limitrophe. Pour être à l'abri des problèmes, il est recommandé de choisir un goutteur intégré de type 162 muni d'un canal d'écoulement de 16 mm de diamètre au lieu de 12 mm, avec le même débit que le goutteur 122. La longueur totale maximale possible des conduites latérales avec un espacement d'1 m entre les goutteurs est de 133 m. au lieu de 81.

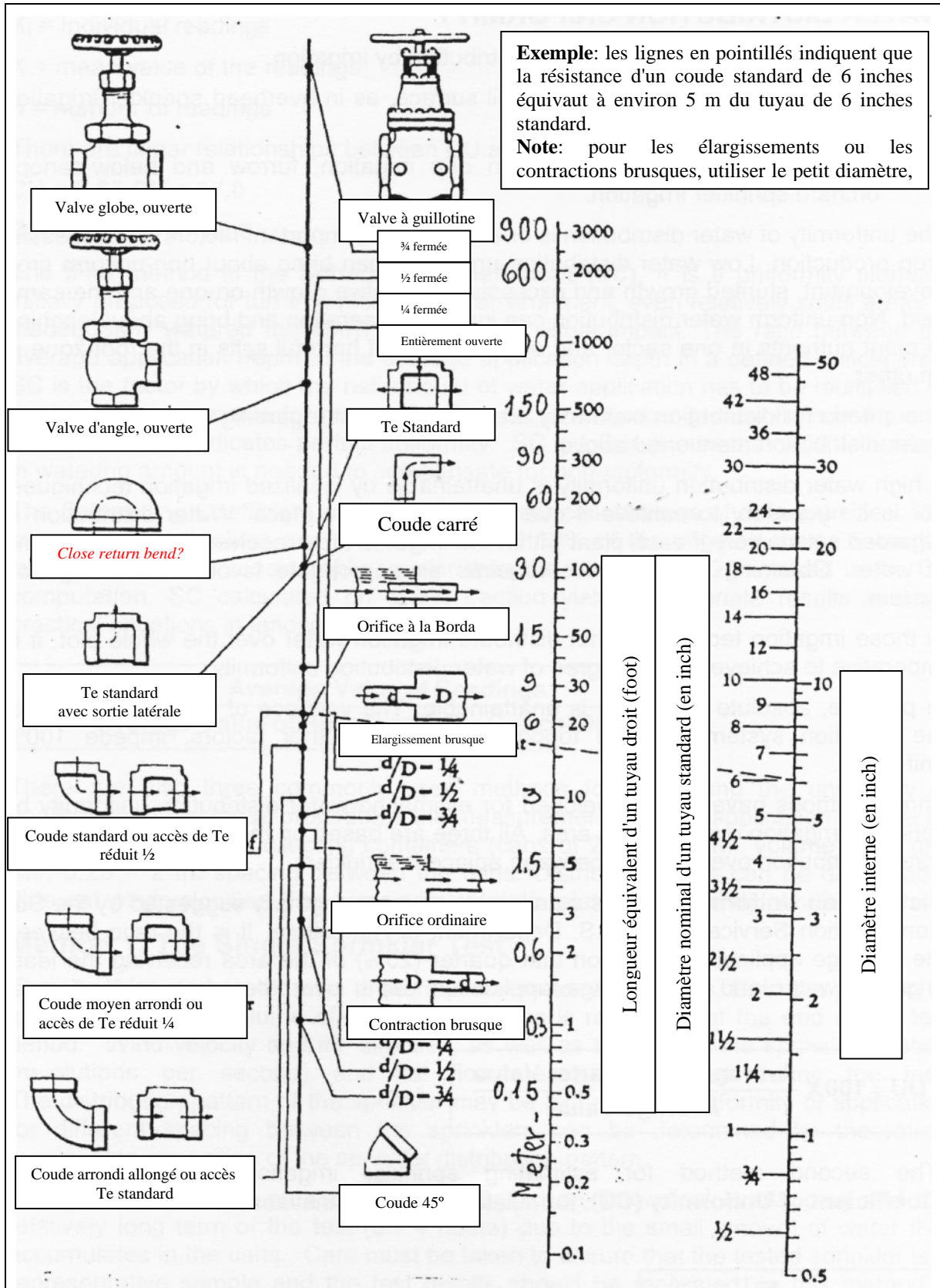
Le processus de conception du réseau comprend deux phases. Au cours de la première, on calcule la perte de charge entre l'extrémité et le début de la parcelle, en utilisant des valeurs moyennes de pression et de débit. Pendant la seconde phase, on vérifie ces calculs en partant du début jusqu'à l'extrémité distale de la parcelle. Les calculs sont alors réalisés à partir de données précises.

Le plan de la parcelle est divisé en secteurs et des calculs détaillés sont effectués sur chaque segment de tuyau. Les données doivent être enregistrées sur le

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

formulaire de conception. La perte de pression dans les accessoires est calculée en utilisant des données équivalentes indiquant les pertes de pression dans un tuyau virtuel de même diamètre. La plupart des fabricants fournissent des tableaux et des nomogrammes de perte de pression avec leurs produits.

# L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE



# L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

## Structure du système

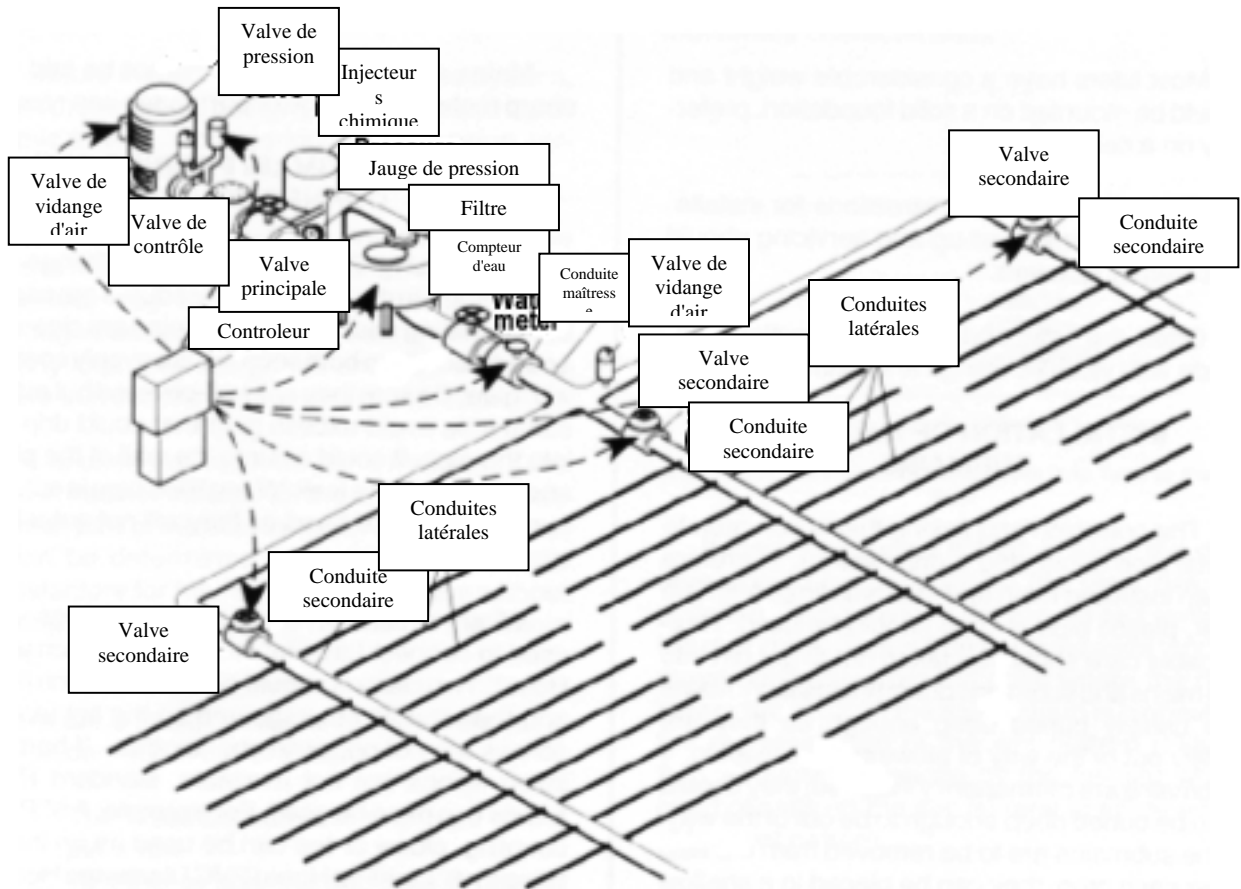
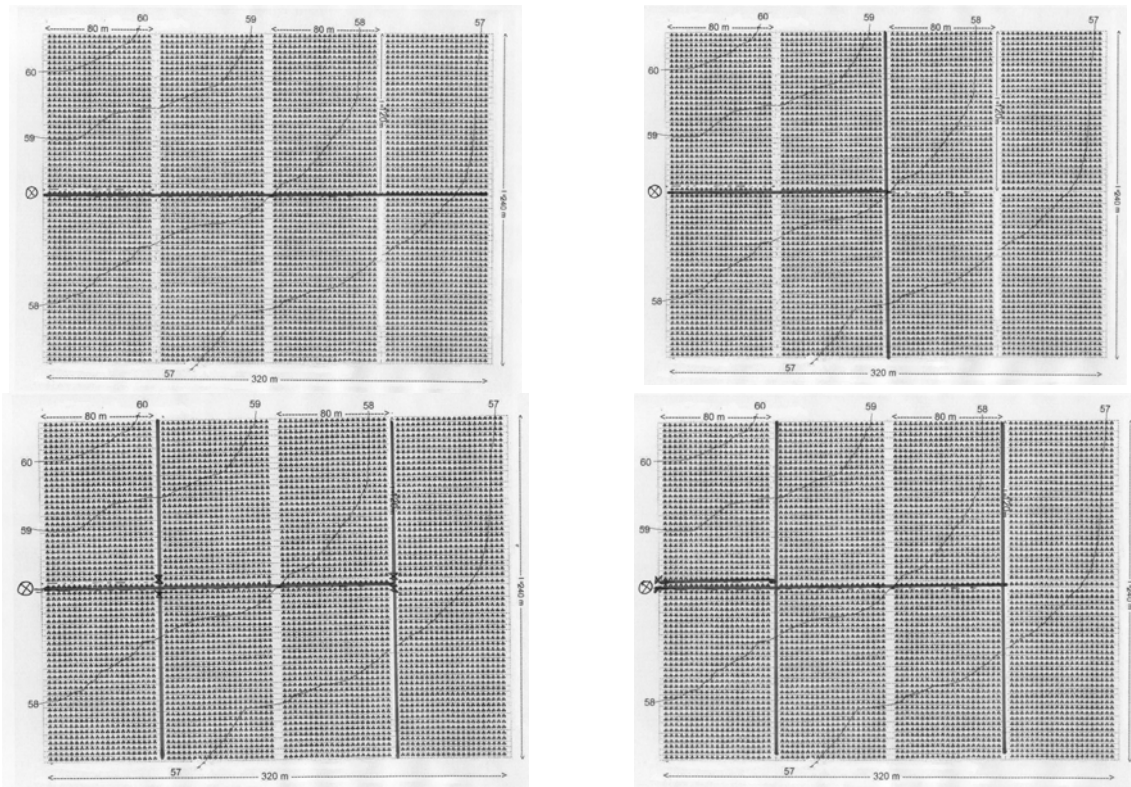


Fig. 116. Plan d'un système de goutte-à-goutte Adapté de la brochure Watermatics



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

### Fig. 117. Dispositions possibles

L'eau qui s'écoule à travers un dispositif d'irrigation au goutte-à-goutte subit une perte de pression en passant par chacun des composants du système. En l'absence de données détaillées concernant la perte de pression dans les accessoires, on suppose une perte totale de 5 à 10 m.

Les régulateurs de pression sont des éléments essentiels des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte.

Lorsqu'on utilise des goutteurs non compensés, des régulateurs de pression peuvent être installés sur les conduites secondaires et les collecteurs pour contrôler le mieux possible la pression dans chaque sous parcelle.

En utilisant une conduite latérale par rangée (avec un espacement de 4 m entre les rangées) et des goutteurs disposés à intervalle d'1 m le long du tuyau, on obtient 4 m<sup>2</sup> par goutteur.

7.68 Ha. = 76800 m<sup>2</sup> divisé par cet espacement donne :  $76800/4=19200$ . Il y a 19200 goutteurs dans la parcelle. Un calcul plus exact peut être effectué en multipliant la longueur de la rangée:  $4 \times 80 \text{ m} = 320 \text{ m}$ , par le nombre de rangées  $320 \text{ m} \times 61 \text{ rangées} = 19520 \text{ m} = 19520 \text{ goutteurs}$ .

Dans la mesure où il s'agit de goutteurs sans dispositif de compensation de pression, on doit calculer un débit plus élevé que le débit nominal à 10 m de pression.

Débit des goutteurs 122/162 : 2.1 l/h à 10 m, 2.57 l/h à 15 m et 3 l/h à 20 m de pression.

Afin de ne pas prendre de risque, le débit le plus élevé est multiplié par le nombre de goutteurs:  $3 \times 19520 = 58.5 \text{ m}^3/\text{h}$ .



# L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

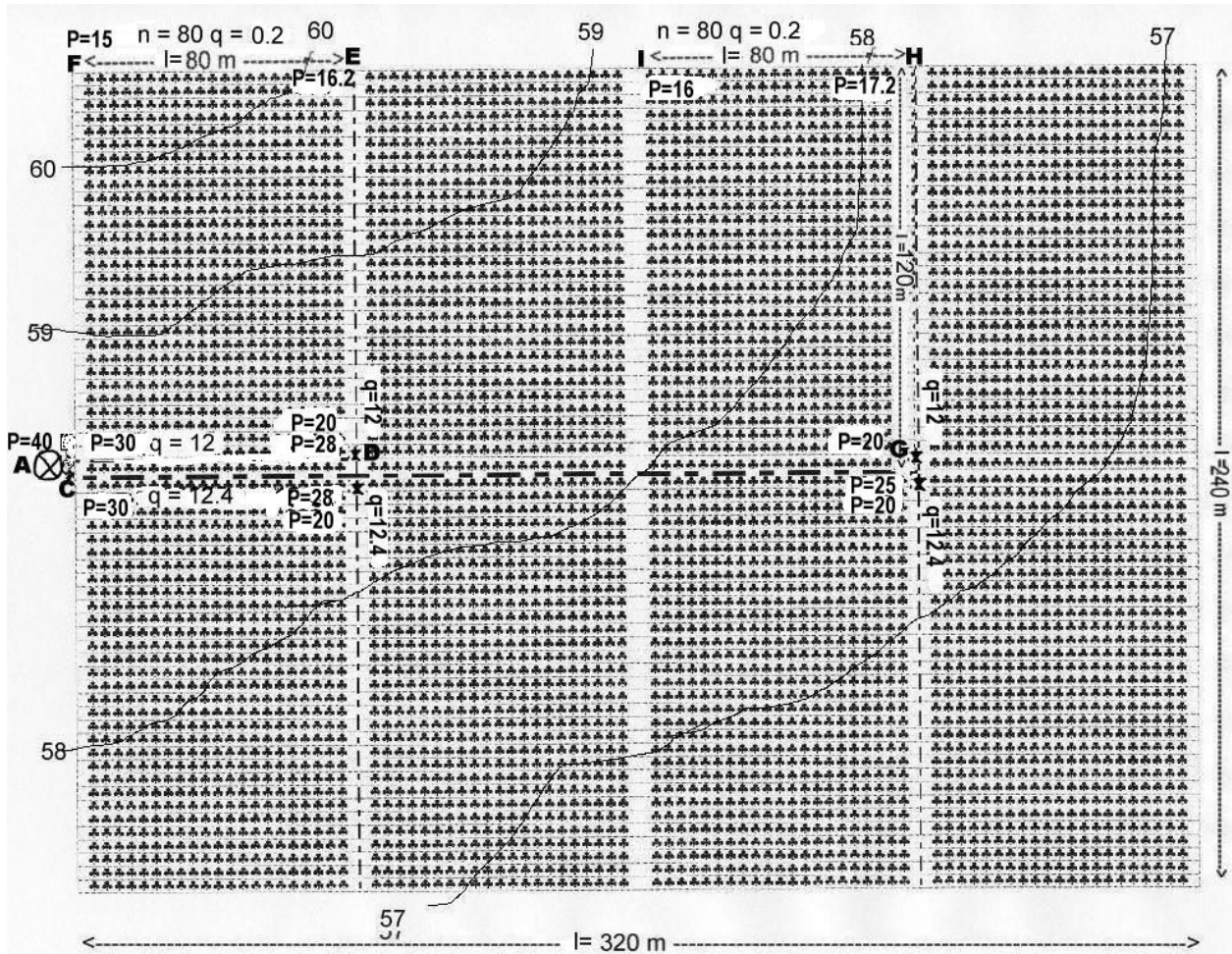


Fig. 118. Plan segmenté pour le calcul des pertes de pression

Puisque le débit total dans la parcelle est plus bas que l'approvisionnement maximum horaire disponible, la parcelle peut être irriguée dans sa totalité en une seule étape. L'espace entre les arbres étant carré (4 X 4 m), on peut s'orienter vers deux canalisations latérales. Le dessin ci-dessus présente quatre dispositions différentes. Le choix de la meilleure est déterminé par des considérations variées. La parcelle étant divisée verticalement, sur la carte, en quatre blocs, on préférera des canalisations latérales horizontales et en surface. L'alternative d'en haut à gauche est donc rejetée. Sur les trois restant, celle d'en bas à gauche permet l'irrigation de la parcelle en 4 étapes séparées. Ceci permettra de réduire le diamètre du tuyau de distribution et autorisera une plus grande flexibilité de gestion.

La parcelle totale peut être irriguée en une seule étape si l'on choisit une conduite maîtresse possédant un diamètre plus large que celui requis pour l'irrigation en quatre étapes.

On commence la conception du réseau par les segments les plus problématiques, où l'eau s'écoule vers le haut: D-E, E-F, G-H et H-I (Fig. 118).

On vérifie la perte de pression dans chacun des quatre segments, et on examine les configurations permettant l'irrigation en une seule étape.



## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

**Tableau 20. Formulaire de calcul: Pertes de pression dans les tuyaux: a. pour 4 étapes**

Segment	Description	Hauteur topographique initiale distale -en m	Débit	Longueur en m	Perte de pression par fric. %	Perte de pression par fric. m	Changement topo. de pression m	Perte de pression totale m
B-G	50 mm HDPE PN 6	58.5-57.5	15	240	7	16.8	-1	15.8
B-G	<b>63 mm HDPE PN 6</b>	58.5-57.5	15	<b>240</b>	<b>3.6</b>	<b>8.6</b>	<b>-1</b>	<b>7.6</b>
B-D	<b>63 mm HDPE PN 6</b>	58.5	15	<b>80</b>	<b>3.6</b>	<b>2.9</b>	-	<b>2.9</b>
D-E	50 mm HDPE PN 4	58.5-60	15	120	8X0.35*	3.4	+1.5	4.9
D-E	<b>63 mm HDPE PN 4</b>	58.5-60	15	<b>120</b>	<b>3X0.35*</b>	<b>1.3</b>	<b>+1.5</b>	<b>2.8</b>
E-F	<b>Conduite latérale 162</b>	60-60.5	<b>0.24</b>	<b>80</b>	<b>3X0.35</b>	<b>1</b>	<b>+0.5</b>	<b>1.5</b>
G-H	50 mm HDPE PN 4	57.5-58	15	120	8X0.35	3.4	+0.5	3.9
G-H	<b>63 mm HDPE PN 4</b>	57.5-58	15	<b>120</b>	<b>3X0.35</b>	<b>1.3</b>	<b>+0.5</b>	<b>1.8</b>
H-I	<b>Conduite latérale 162</b>	58-59	<b>0.24</b>	<b>80</b>	<b>3X0.35</b>	<b>1</b>	<b>+1</b>	<b>2</b>

**b. pour une irrigation en une seule étape**

B-D	63 mm HDPE PN 6	58.5	60	80	30	24	-	24
D-G	63 mm HDPE PN 6	58.5-57.5	30	160	10	12	-1	11
B-D	75 mm HDPE PN 6	58.5	60	80	13	10.4	-	10.4
D-G	75 mm HDPE PN 6	58.5-57.5	30	160	5	8	-1	7
B-D	<b>90 mm HDPE PN 6</b>	58.5	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>6</b>	<b>4.8</b>	-	<b>4.8</b>
D-G	<b>90 mm HDPE PN 6</b>	58.5-57.5	<b>30</b>	<b>160</b>	<b>2.4</b>	<b>3.8</b>	<b>-1</b>	<b>7</b>

\* 0.35 est le facteur de perte de pression pour les tuyaux de distribution à plus de 10 orifices

Conclusions tirées du tableau ci-dessus (Les choix acceptables apparaissent en caractères gras):

- a. La conduite maîtresse doit avoir un diamètre minimum de 63/6 mm (diamètre en mm et pression nominale - PN en bar). Les pertes de pression dans un tuyau de 50/6 mm sont trop élevées.
- b. Dans les collecteurs – tuyaux de distribution (segments D-E/G-H), la perte de pression dans un tuyau de 50/6 est également trop élevée (au-delà du maximum acceptable allant de 10% à 15% dans les collecteurs). Par conséquent, les tuyaux de distribution doivent également posséder un diamètre de 63/4.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

- c. En raison des différences de hauteur topographique, l'installation de régulateurs de pression à l'entrée des collecteurs n'est pas suffisante pour adapter la pression à celle de l'entrée des conduites latérales. Il est nécessaire d'installer des régulateurs de pression à chacun des orifices du collecteur.
- d. Ce fait montre les difficultés d'utilisation de goutteurs sans dispositifs de compensation de pression sur les pentes.
- e. Si la parcelle est irriguée en une seule fois, la conduite principale doit être de 90/6 mm.

Ces conclusions justifient le choix de la seconde alternative: les goutteurs compensateurs de pression 2.3 l/h de Ram.

L'espacement est le même que dans les goutteurs en ligne, c'est-à-dire de 4 m entre les conduites latérales et d'1 m. entre les orifices sur le tuyau.

La disposition du système dans le cas des goutteurs compensateurs de pression est simple. La pression à l'entrée de chaque goutteur doit être plus élevée que la pression régulatrice du mécanisme de compensation, qui est de 4 à 5 m dans le cas du goutteur Ram.

Calcul de base:

Longueur de la rangée 320 m X 61 rangées = 19520 m = 19520 goutteurs

Débit total pour un arrosage unique:  
19520 goutteurs X 2.3 l/h = 44.9 m<sup>3</sup>/h

Puisque avec une pression de 20 m à l'entrée de la conduite latérale, la longueur totale possible des canalisations (en terrain plat) est de 231 m, le collecteur sera posé le long de la ligne médiane N-S de la parcelle. Celle-ci sera irriguée en une seule fois, mais deux valves seront installées sur le collecteur pour permettre une irrigation en deux fois.

Comme il est démontré sur le formulaire ci-dessous, la perte de pression maximale par friction (A-B + C-d) est de 11.7 m, plus 2.5 m d'élévation topographique. Dans le but de maintenir une pression adéquate à l'entrée du dernier goutteur situé au point le plus élevé, la pression à l'orifice du contrôleur de pression doit être d'au moins 20+14.2 m = 34.2 m.

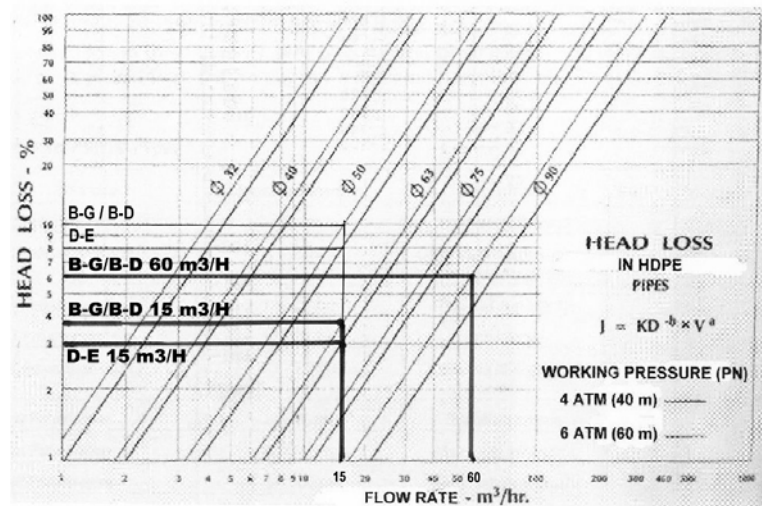


Fig. 119. The chosen diameter for mainline and manifold (in bold)

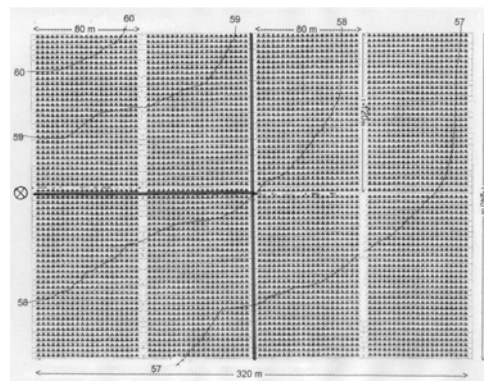


Fig. 120. One manifold layout

# L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

Tableau 21. Formulaire de calcul de la perte de pression – goutteurs compensateurs de pression (PC)

Segment	Description	Hauteur topographique initiale - distale - en m	Débit	Longueur en m	Perte de pression due à la friction %	Perte de pression due à la friction En m	Changement topographique de pression en m	Perte de pression totale en m
A-B	90 mm HDPE PN 6	58.5-58	45	160	4	6.4	-0.5	5.9
B-C	63 mm HDPE PN 6	58-59	22.5	120	6X0.35	2.5	+1	3.5
C-D	Conduite latérale 16 mm	59-60.5	0.37	160	6X0.35	3.3	+1.5	4.8

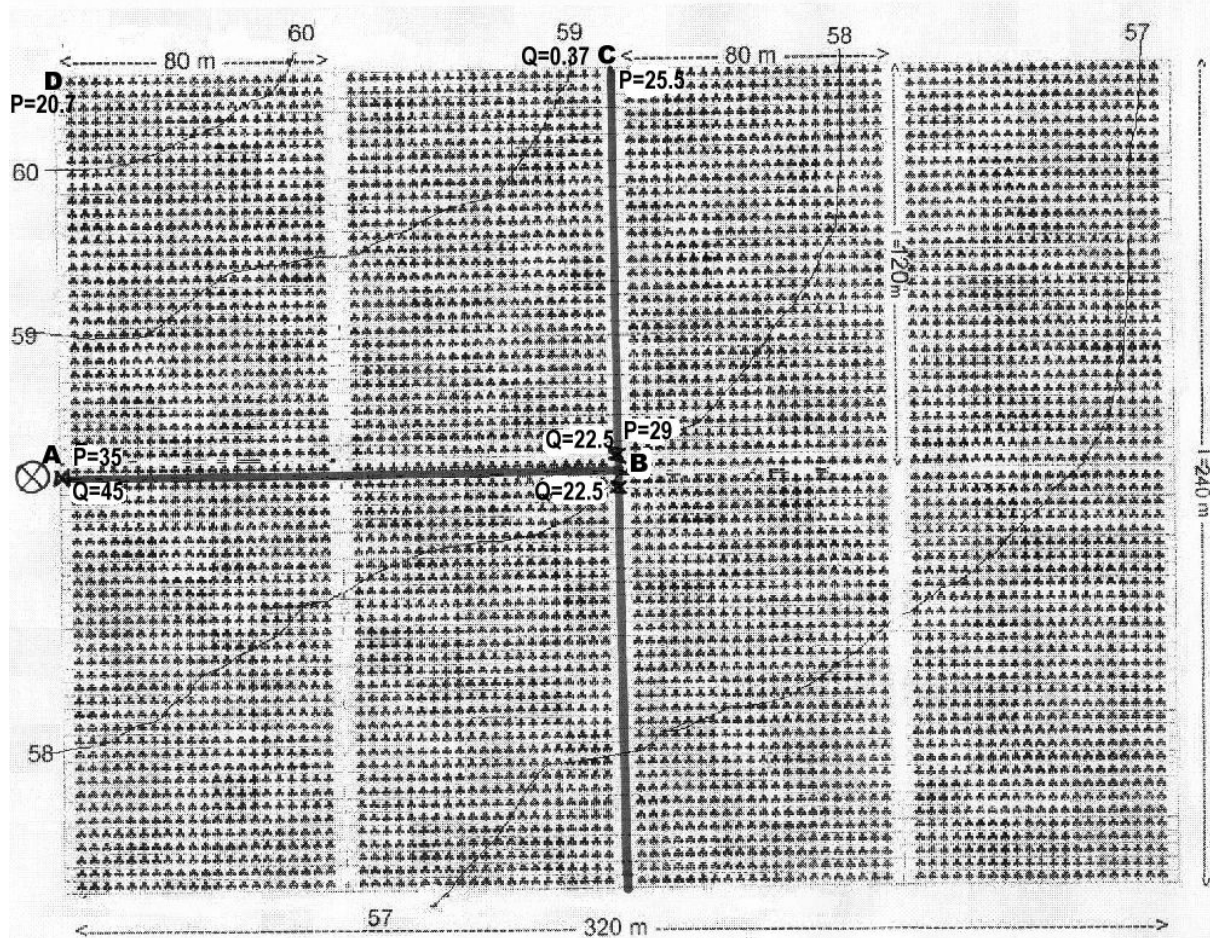


Fig. 121. Goutteur compensateur de pression Ram 2.3, disposition pour un arrosage unique

## Conception d'un réseau d'irrigation pour les cultures et les légumes cultivés en plein champ

Pour les cultures en champ annuelles, la méthode recommandée est l'irrigation au goutte-à-goutte avec récupération des conduites latérales. Celles-ci sont posées en surface au début de la saison d'irrigation et ramassées avant la récolte. La pose et le ramassage des conduites latérales sont réalisés mécaniquement, et

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

l'endommagement des goutteurs et des tuyaux est nettement réduit grâce aux nouvelles techniques.

### Exemple

Culture: melon  
 Superficie: 1.08 ha 120 X 90 m  
 Topographie: terrain plat  
 Espacement: 1.80 m, entre les rangs,  
 30 cm entre les plants sur la même rangée  
 Besoin en eau en pleine saison: 8 mm/jour  
 Sol: sableux - limoneux  
 Densité de la masse volumique: 1.6  
 Capacité au champ: 20% v/v  
 Point de flétrissement: 9% v/v  
 Déficit en eau acceptable 40%  
 Profondeur de la zone racinaire active: 60 cm  
 Seuil d'approvisionnement en eau 30 m<sup>3</sup>/h  
 Seuil d'approvisionnement horaire: 14 h par jour

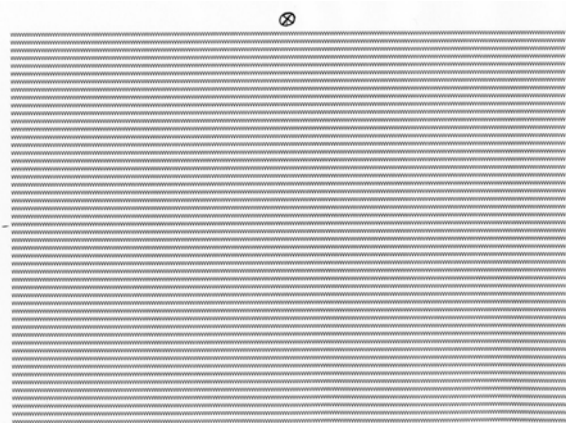


Fig. 122. 1.08 Ha. de melons

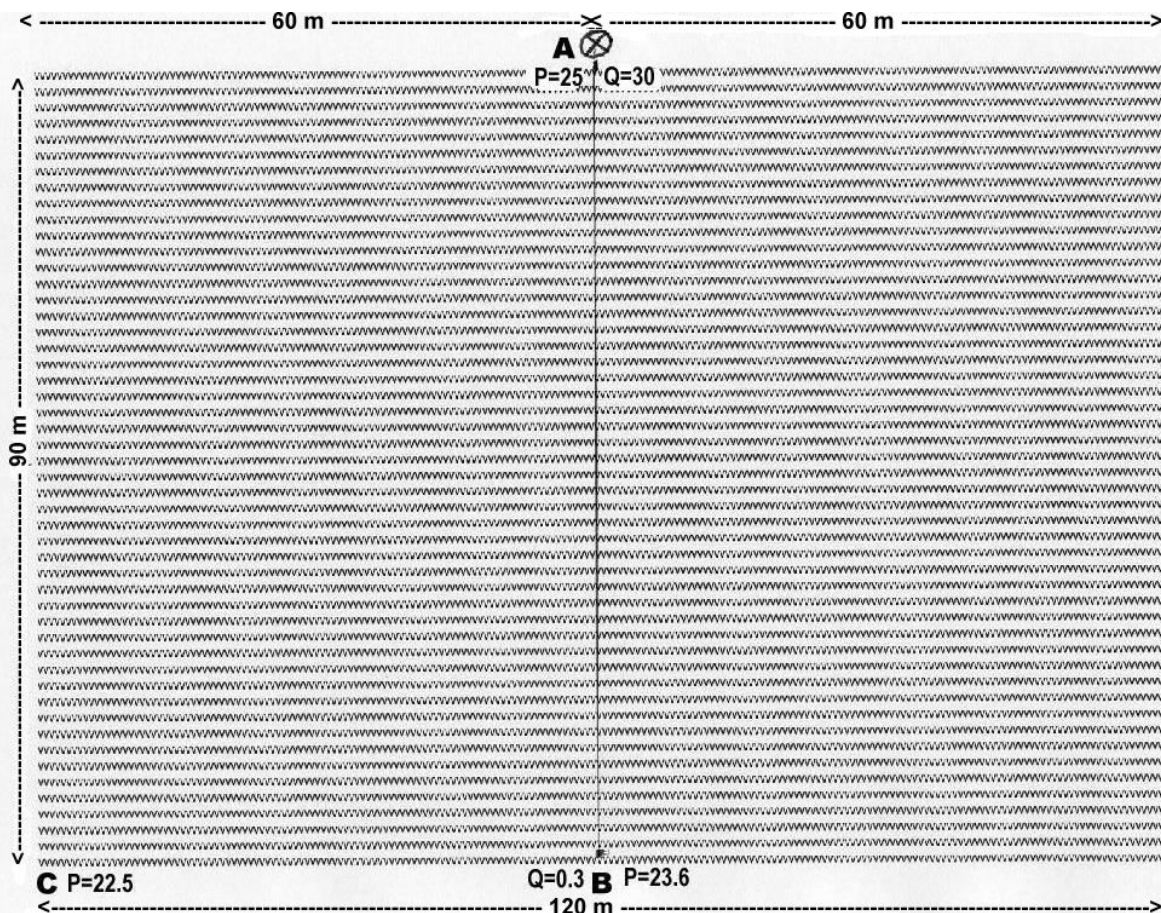


Fig. 123. 10.08 Ha. de melons – goutteurs en ligne sans dispositif de compensation de pression.

## L'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE

### Calcul:

Besoin journalier maximum:  $8 \text{ mm} = 80 \text{ m}^3/\text{Ha.} = 86.5 \text{ m}^3/\text{jour}$  pour l'ensemble de la parcelle.

Capacité journalière d'approvisionnement:  $30 \text{ m}^3 \times 14 \text{ h} = 420 \text{ m}^3$  par jour

Dans ce cas, on peut utiliser des goutteurs sans dispositif de compensation de pression.

Le goutteur en ligne 162 de "Netafim" munis d'orifices espacés de 30 cm sur le tuyau est limité à une longueur de 53 m. Puisque la longueur de la rangée est de 120 m, et le collecteur situé au milieu de la parcelle, on doit sélectionner un goutteur d'un débit plus bas. Il est recommandé d'en choisir un de type 161 permettant une longueur de canalisation latérale jusqu'à 83 m.

**Tableau 22. Calcul de la perte de pression**

Segment	Description	Hauteur topographique initiale - distale en m	Débit	Longueur en m	Perte de pression par fric. %	Perte de pression par fric. en m	Changement topo de pression en m	Perte de pression totale m
A-B	75 mm HDPE PN 4	-	30	90	4X0.35	1.4	-	1.4
B-C	16 mm lateral	-	0.3	60	4X0.35	0.84	-	0.84

Dans ce cas, les goutteurs non compensés conviennent (tableau 22). Sur terrain plat, les différences de pression dans la parcelle irriguée sont maintenues à 2.25 m avec un collecteur de 75/4 mm et le goutteur 161 à faible débit. On est à 10% de la pression de fonctionnement, bien en dessous du seuil supérieur autorisé de différence de pression de 20%.