CIHEAM
Options Méditerranéennes

Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût

Rieul L.

in

Dupuy B. (ed.).
Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen

Bari : CIHEAM
Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 31

1997
pages 233-251

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

---

http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI971534

To cite this article / Pour citer cet article

Rieul L. **Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût.** In : Dupuy B. (ed.). *Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen .* Bari : CIHEAM, 1997. p. 233-251 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 31)

CIHEAM

http://www.ciheam.org/
http://om.ciheam.org/

CIHEAM

Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût

L. Rieul

Cemagref

Montpellier, France

RESUME - Le progrès technologique, basé sur la mécanisation et l'automatisation des équipements, met à la disposition des irrigants des matériels qui permettent une amélioration sensible des performances de l'irrigation, tout en diminuant les contraintes de main-d'oeuvre. Néanmoins les matériels modernes ont un coût non négligeable, qui peut remettre en cause leur intérêt économique.

Le présent document fait une synthèse de l'évolution technologique des équipements des divers modes d'irrigation (de surface, par aspersion, micro-irrigation) et rassemble quelques éléments comparatifs sur les coûts et les temps de travaux observés en France pour les différentes techniques en vue d'éclairer un premier choix.

***ABSTRACT** - Improving the irrigation performances and decreasing work and its strenuousness can be reached with modern mechanized and automated equipment. Modern equipment are yet expensive and the economical benefits of their using can be limited.*
A synthesis of the technological development of the equipment for all the types of irrigation (surface, sprinkler, micro-irrigation) is presented in this paper. Some comparative elements of cost and of work load observed in France for the different technologies are there gathered in order to help a first choice of equipment.

Les progrès de la recherche et de la technologie mettent à la disposition des irrigants des équipements modernes qui devraient permettre une amélioration sensible des performances de l'irrigation, tout en diminuant les contraintes de main d'oeuvre.

Basée sur la mécanisation et l'automatisation des installations, la modernisation a néanmoins un coût non négligeable. Il en résulte que son intérêt économique n'est pas toujours évident. Le choix d'un équipement est souvent la recherche d'un compromis entre les performances de l'installation et son coût, compte tenu de l'ensemble complexe des contraintes internes et externes à l'exploitation agricole.

Un examen des caractéristiques essentielles des principales techniques d'irrigation (de surface, par aspersion, micro-irrigation) ainsi que des outils de pilotage de l'irrigation et quelques éléments comparatifs sur les coûts et les temps de travaux permet de faire rapidement un premier "grand choix". Il conviendra, dans chaque cas particulier, de raisonner plus précisément ce choix en fonction des objectifs visés et des contraintes réelles de l'exploitation agricole concernée (Robert HLAVEK, 1992).

CIHEAM - Options Mediterraneennes

1.- L'IRRIGATION DE SURFACE

Peu coûteux en investissement et nécessitant peu d'énergie, l'irrigation de surface est le mode d'irrigation le plus ancien et le plus répandu dans le monde.

Sous la forme traditionnelle, l'eau est distribuée sur la parcelle par des canaux en terre, dans les berges desquelles sont ouvertes des brèches qui alimentent des bassins, des planches ou des raies.

Plusieurs contraintes majeures remettent en cause ce mode d'irrigation: les pertes d'eau, l'importance et la pénibilité du travail qu'exige la conduite de l'eau tant dans les canaux d'amenée que sur le champ, la nécessité de maintenir un bon nivellement de la surface du sol.

Différentes techniques ont été mises au point pour réduire ces contraintes, grâce à la mécanisation et à l'automatisation des organes de distribution d'eau.

1.1. Les équipements modernes d'irrigation de surface

On a tout d'abord chercher à améliorer la distribution d'eau en tête des parcelles en étanchant les canaux et en les équipant de vannes de régulation pour alimenter successivement les différents biefs des canaux et de vannes, de prise latérales pour alimenter les bassins, les planches ou les rigoles d'irrigation à la raie (fig.1); les vannes, le plus souvent à commande manuelle, peuvent néanmoins être semi-automatiques ou automatiques et commandées par des horloges mécaniques ou électroniques ou encore par des systèmes à déclenchement pneumatique (A.S. HUMTHERYS, 1987).

Les canaux de distribution bétonnés ou préfabriqués présentent , outre leur coût, le gros inconvénient de constituer un obstacle à la circulation en tête des parcelles et risquent d'être souvent endommagés par le passage des matériels de culture. Ils nécessitent un entretien constant.

Au cours de la dernière décennie est apparu le concept de **réseau d'irrigation de surface à basse pression**.(D. BAUDEQUIN et Al, 1990) Utilisant des conduites habituellement employées au transport gravitaire des eaux en assainissement, ce réseau fournit le débit alloué à la parcelle sous une charge de l'ordre de 1 m, à travers des ouvrages de desserte à la parcelle du type borne d'irrigation, équipés de vannes classiques ou de vannes à clapet ou à opercule commandées par des dispositifs mécaniques. Ces vannes peuvent être également commandées automatiquement. Certaines de ces vannes permettent une irrigation automatique à deux débits: un fort débit d'attaque en début d'irrigation (phase d'avancement de l'eau sur la parcelle) en alimentant alternativement deux rampes de distribution situées de part et d'autre de la vanne, puis un débit d'entretien moitié moindre en alimentant simultanément les deux rampes. De tels réseaux présentent les avantages des réseaux de distribution sous pression (fonctionnement à la demande, livraison de l'eau avec une charge suffisante pour les distributeurs régulation par l'aval, entretien réduit, pas de gêne à la circulation) tout en coûtant 20 à 40% moins cher que les réseaux sous pression classique.

En irrigation à la raie, plusieurs dispositifs modernes (siphons, gaines souples, rampes à vannettes, systèmes dits californien, transirrigation) permettent de bien contrôler les débits délivrés en tête des raies et l'uniformité de répartition de l'eau dans l'ensemble des raies. L'utilisation correcte de ces dispositifs nécessite cependant que l'eau soit livrée en tête de parcelle avec une charge minimale de quelques dizaines de cm. et avec un débit constant.

Les siphons (Fig. 2) peuvent fonctionner sous de faibles charges (10 à 20 cm) et permettent de délivrer un débit qui varie de 0,4 à 2 l/s environ, en fonction du diamètre du siphon (20 à 43mm) et de la charge motrice. On peut modifier le débit en tête des raies en utilisant des diamètres différents ou en plaçant des bouchons percés (limiteurs de débit) à la sortie du siphon.

Les siphons présentent l'avantage de ne pas coûter cher; ils permettent d'assurer une bonne répartition des débits. Néanmoins le transport et l'amorçage des siphons nécessitent une manutention relativement importante. Il faut d'autre part surveiller les risques de désamorçage en cours d'irrigation, en cas de variation du niveau d'eau dans le canal de distribution.

CIHEAM - Options Mediterraneennes

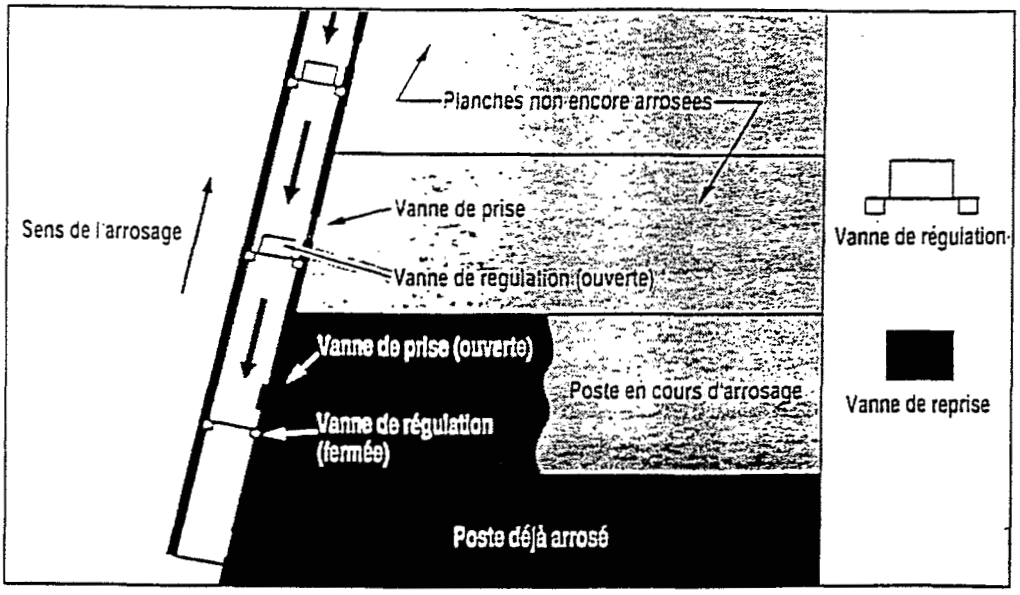


***Fig 1** - Schéma de canal d'irrigation équipé de vannes de distribution*

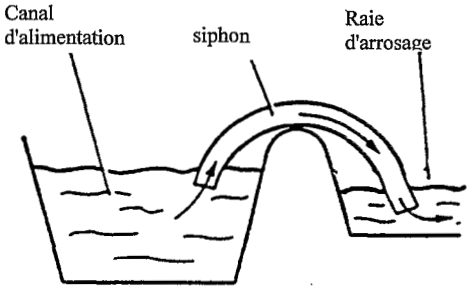


***Fig. 2** - Siphon*

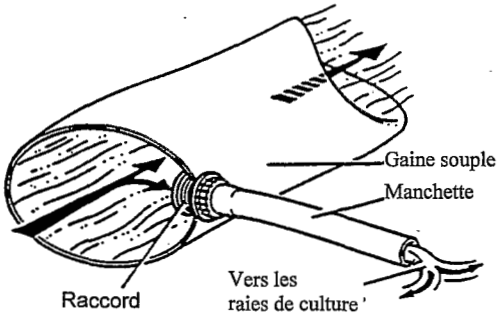


***Fig. 3** - Gaine*

CIHEAM - Options Mediterraneennes

Les gaines souples sont constituées d'une manche souple en matière plastique placée en tête de parcelle sur laquelle sont fixées des manchettes de dérivation qui alimentent les raies (Fig. 3). Ces manchettes sont munies d'un dispositif permettant d'écraser plus ou moins le tube pour limiter les débits.

L'utilisation correcte des gaines nécessite une charge de 40 cm à 1m de colonne d'eau. A titre indicatif, le débit à pleine ouverture d'une dérivation est de l'ordre de 2 l/s pour une charge de 50 à 60 cm.

Les gaines souples présentent l'avantage de pouvoir être installées rapidement et de ne pas créer d'obstacles au passage d'engins agricoles. Elles peuvent être pliées et rangées aisément en fin de campagne. Il faut veiller à les stocker à l'abri des rats.

Les tubes à vannettes sont des tuyaux en PVC rigide sur lesquels on fixe des vannettes coulissantes à l'écartement souhaité en fonction de l'espacement des raies (Fig. 4). Les tubes sont disposés sur un sol préalablement régalé en tête de parcelle en alignant toutes les vannettes. Le raccordement des tubes au canal d'irrigation ou à la pompe peut être réalisé soit avec des pièces en PVC ou au moyen de gaines souples ou de raccords en acier.

Cet équipement exige une charge minimale disponible en tête de parcelle de l'ordre de 30 cm. Avec des ouvertures de vannettes de 10 à 40 mm et des charges sur la vannette de 10 cm à 1 m de colonne d'eau, on peut obtenir des débits variant de 0,35 à environ 4 l/s.

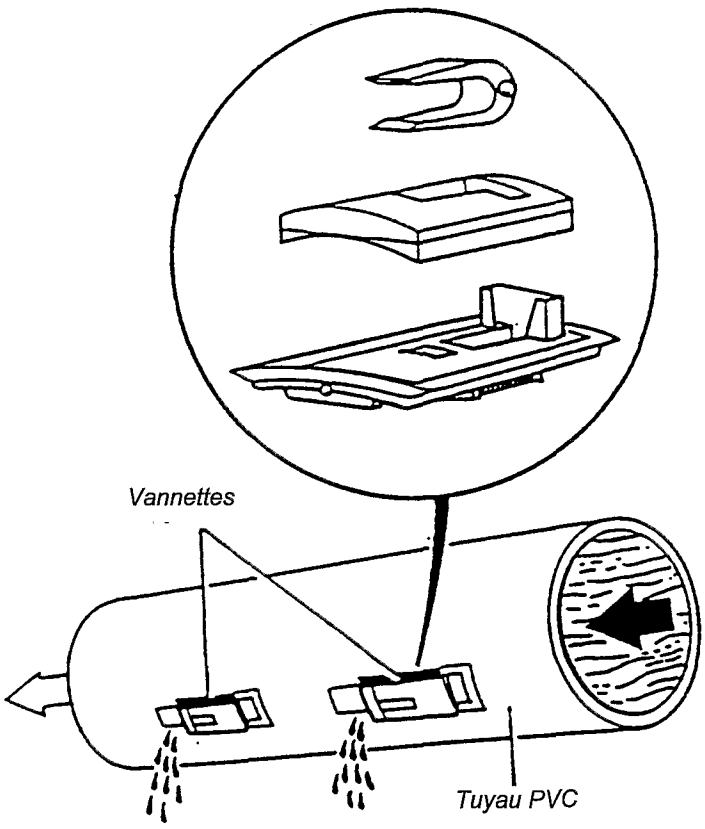


***Fig. 4** - Tubes à vannettes*

CIHEAM - Options Mediterraneennes

Les tubes à vannettes permettent de régler et de contrôler les débits admis dans des raies de manière précise et fiable. Ils présentent par ailleurs l'avantage de pouvoir être posés et déposés aisément en début et fin de campagne. Ils constituent néanmoins un obstacle au passage en tête de parcelle et leur stockage doit être organisé en fin de campagne d'irrigation.

Les systèmes "californiens" sont constitués de tubes rigides en PVC enterrés en tête de parcelle, sur lesquels on fixe des petites cheminées de sortie ou cannes qui alimentent les raies. Les cannes de sortie peuvent être munies d'un dispositif permettant de régler le débit, tel que des manchettes souples avec pinces, ou des caches coulissants qui obstruent l'orifice de sortie (Fig. 5).

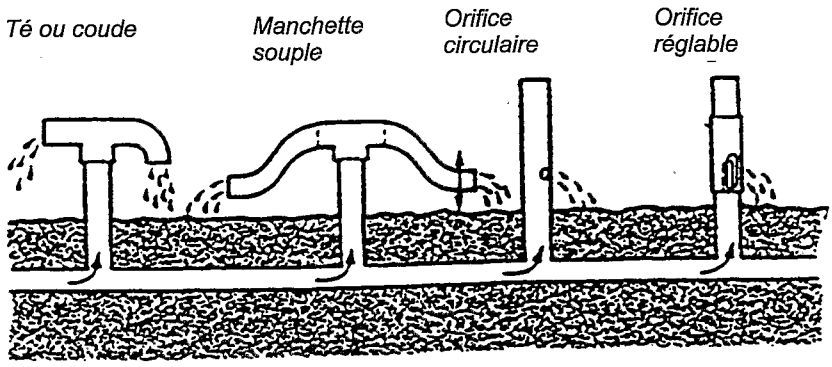


***Fig. 5** - Système "californien"*

Le système présente l'avantage d'être fixe, ce qui supprime toutes les manipulations de pose et de dépose. L'installation étant enterrée, elle ne crée aucune gêne pour les travaux agricoles. Il est facile d'utilisation. Il doit néanmoins être dimensionné correctement et le processus d'installation nécessite une étude hydraulique correcte.

Le système "transirrigation" (câble irrigation aux USA) est constitué d'un tuyau rigide posé avec une pente régulière en tête de parcelle et percé d'orifices calibrés qui alimentent les raies. Le déplacement automatique d'un piston à l'intérieur du tube entraîne le déplacement de la main d'eau sur l'ensemble de la parcelle. Le nombre de trous alimentés est toujours le même, et le débit de chaque trou décroît progressivement jusqu'à s'annuler au fur et à mesure que le piston se déplace vers l'aval du trou (Fig. 6).

L'avancement du piston est commandé par un dispositif qui peut être réglé de façon manuelle (minuterie) ou par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur, en fonction d'informations fournis par des capteurs sur l'avancement de l'eau dans les raies d'irrigation.

L'installation peut être en surface ou enterrée, avec des cannes de sortie sur chaque orifice (Fig. 7).

CIHEAM - Options Mediterraneennes

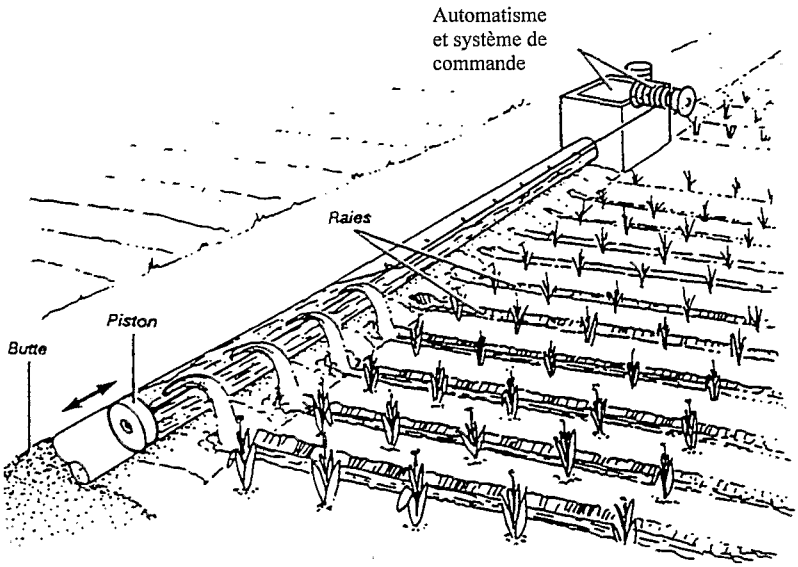


Fig. 6 - Transirrigation

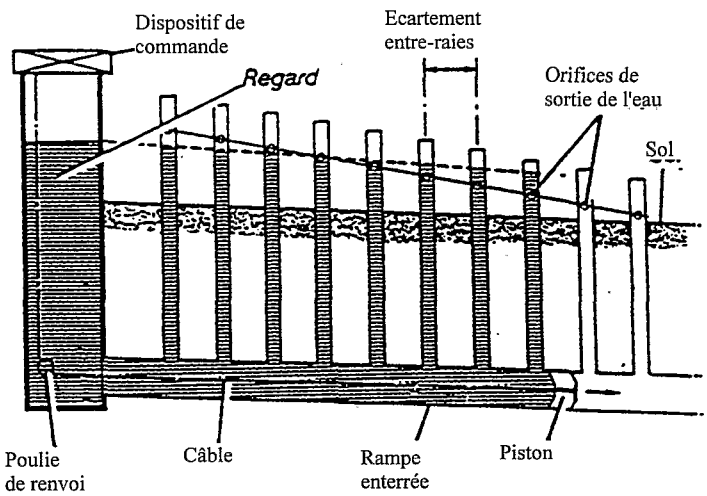


Fig. 7 - Transirrigation enterrée

CIHEAM - Options Mediterraneennes

Ce dispositif présente l'avantage de nécessiter peu de travail pendant l'irrigation. Il permet par ailleurs une très bonne maîtrise de la dose apportée grâce à la modulation automatique des débits décroissants à chaque trou. C'est néanmoins une installation onéreuse qui nécessite une étude hydraulique préalable correcte et beaucoup de soins dans la mise en place. L'installation peut être en surface ou enterrée avec des cannes de sortie sur chaque orifice.

1.2. La conduite de l'irrigation de surface

La réduction des pertes et l'homogénéité de répartition de l'eau en tête de parcelle, grâce aux matériels modernes de distribution, et un facteur d'amélioration important, mais cela ne suffit pas: il faut également améliorer la qualité de l'irrigation le long des raies (ou des planches) en réduisant les pertes par percolation et en colature, tout en assurant une homogénéité correcte de l'infiltration (Fig. 8).

Pour une parcelle donnée, correctement nivelée, la qualité de l'irrigation dépend de deux paramètres fondamentaux: le débit d'alimentation de chaque raie et la durée d'arrosage.

La plupart des irrigants conduisent les apports d'eau en se basant sur l'arrivée de l'eau en bout de parcelle, sans raisonner en terme de débit par raie ou par planche. On peut améliorer sensiblement la qualité de l'irrigation sur la parcelle en recherchant le couple débit en tête de raie, durée d'arrosage qui permet d'obtenir le meilleur rendement net avec une bonne uniformité.

Il faut tout d'abord noter qu'une telle amélioration de la conduite de l'irrigation n'est possible que si le débit délivré à la prise en tête de parcelle est suffisamment régulier et fiable et si la surface de la parcelle est suffisamment bien planée.

Une première méthode consiste à contrôler à posteriori l'efficacité de l'apport d'eau et à ajuster par tâtonnement le couple débit par raie, durée d'application pour améliorer le résultat.

Le tensiomètre est un outil bien adapté pour contrôler les profondeurs de sol humidifiées en tête et en bout de parcelle et ajuster les paramètres d'arrosage de manière à éviter les pertes par percolation profonde tout en humidifiant une profondeur suffisante le long de la parcelle.

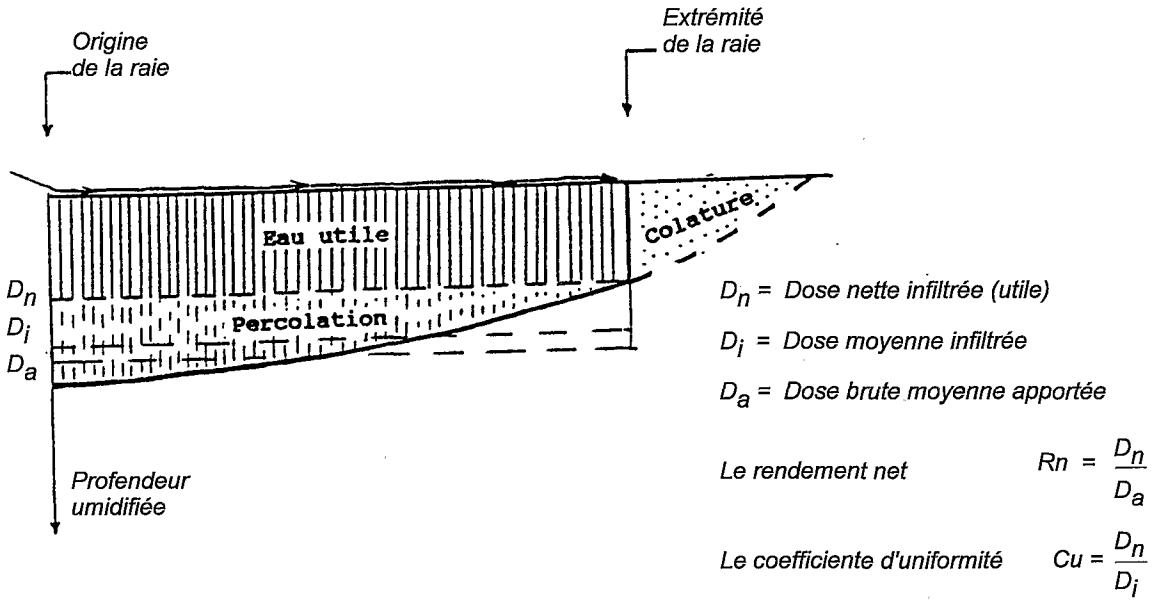


***Fig. 8** - Coupe schématique de l'infiltration le long d'une raie*

CIHEAM - Options Mediterraneennes

Il existe également de nombreuses **lois d'infiltration** qui permettent d'apprécier la qualité d'un arrosage à posteriori, moyennant des mesures hydrauliques relativement lourdes. Il est toutefois difficile d'extrapoler les résultats d'une irrigation à la suivante, les paramètres d'infiltration évoluant en fonction de l'humidité et de l'état de surface du sol.

Un modèle analytique simplifié a été récemment mis au point et permet de déterminer rapidement les paramètres d'arrosage optimaux pour une parcelle donnée, à l'aide d'un micro-ordinateur, par observation de la vitesse d'avancement de l'eau sur la parcelle en début d'irrigation. (J.-C. MAILHOL, 1992)

Une solution d'avenir pourrait consister à asservir le choix des paramètres d'arrosage et la commande correspondante des organes de distribution en tête de parcelle à des informations en temps réel sur l'avancement de l'eau sur la parcelle, détecté par des capteurs judicieusement disposés. Un tel dispositif a été testé pour la commande automatique d'un système de transirrigation.

1.3 - Quelques références économiques

Les critères économiques de choix d'un équipement d'irrigation au niveau d'une exploitation agricole sont en général complexes et nécessitent le plus souvent une étude approfondie, en fonction des objectifs et des contraintes. Un premier élément de choix consiste à comparer les résultats attendus de l'irrigation du point de vue de la production (rendements, qualité) au coût de l'irrigation. En outre la concurrence croissante pour l'usage des ressources en eau limitées conduit à accorder une grande importance à la performance des systèmes en ce qui concerne la consommation en eau.

La mécanisation et l'automatisation des équipements d'irrigation de surface permettent d'atteindre les performances techniques comparables à celles obtenues avec les autres modes d'irrigation, dans la mesure où l'irrigation est bien conduite.

Le choix est alors fortement conditionné par la comparaison des charges liées à l'irrigation et notamment des charges d'investissement, de maintenance, de main d'oeuvre, de traction, de consommation d'énergie et de coût de l'eau, qui constituent la structure du coût partiel de l'irrigation. Ces diverses charges sont très variables d'un pays à un autre, d'un périmètre à un autre, d'une exploitation à une autre; ce qui rend difficile l'extrapolation des références économiques. Néanmoins quelques références acquises à travers des études et suivis technico-économiques en France sont données ci-après à titre d'éléments de comparaison.

L'acquisition des références technico-économiques sur les matériels d'irrigation de surface (ARTEMIS) a fait l'objet d'un programme de suivi sur une vingtaine de parcelles dans quatre sites différenciés du Sud Est de la France. Ce suivi a été réalisé pendant deux ans, (1986-87) en collaboration par trois organismes techniques et six organismes professionnels. Les éléments donnés ci-après proviennent de la synthèse de cette étude (BERTHOME et al., 1989).

En irrigation de surface, les deux éléments de coût essentiels, directement liés à la nature des équipements sont les charges d'investissement et les charges de main d'oeuvre.

1.3.1. Les charges d'investissement

Le coût d'investissement en matériels de surface destiné à équiper une superficie donnée dépend beaucoup de la forme de la parcelle, c'est-à-dire de la longueur de parcelle dominée par l'organe de distribution. Le coût à l'hectare est d'autant moins élevé que les planches ou les rais desservies sont longues. A titre indicatif le tableau de la figure 9 donne les valeurs moyennes calculées à partir des références acquises en 1986-87, pour des parcelles d'une longueur de 200 m, dominée par 50m. de rampe de distribution par hectare.

Les durées d'amortissement sont indicatives, les durées de vie des matériels étant mal connues. L'état des équipements les plus anciens semblent indiquer qu'elles sont sous-évaluées.

On peut noter que les charges d'amortissement sont voisines pour les gaines souples, rampes à vannettes et conduites enterrées du type californien, compte tenu de la plus longue durée de vie de ces derniers. Elles sont nettement plus élevées pour les systèmes automatiques de type transirrigation qui ne se justifient que sur des cultures très valorisantes de type arboriculture fruitière ou maraîchage.

CIHEAM - Options Mediterraneennes

	siphon	gaine souple	rampe à vannette	californien	transirrigation	
					de surface	enterré
Coût au mètre de rampe (F)	2	54	66	122	126	271
Coût à l'hectare(1) (F)	100	2700	3300	6100	6300	13550
Durée d'amortissement (an)	5	5	5	15	5	15
Charge d'amortissement (F/ha/an	20	540	660	409	1262	902
(1) sur la base de 50 m/ha dominant une longueur de raie de 200 m.						

***Fig. 9** - Valeurs moyennes des investissements en matériels d'irrigation de surface, calculées à partir des références 1987-88 du programme ARTEMIS (France).*

1.3.2. Les temps de travaux

Les temps de travaux spécifiques à l'irrigation comprennent: le temps nécessaire pour le montage et le démontage des dispositifs ou confection et destruction des canaux de distribution en mode traditionnel, les temps de conduite et de surveillance des irrigations.

Si l'on ramène les temps observés durant la campagne ARTEMIS à des longueurs de distribution de 50 m. dominant des parcelles de 200 m. de long pour 1 ha, on constate que le temps nécessaire au montage-démontage des rampes ou des gaines souples ou celui de la préparation des canaux gravitaire est sensiblement identique et voisin de 2 heures. Ce temps est nul dans le cas des dispositifs enterrés qui sont fixes.

Pour ce qui concerne la conduite et la surveillance de l'irrigation, les temps moyens observés varient suivant le type de culture irriguée, mais sont nettement inférieurs avec les dispositifs mécanisés par rapport au gravitaire traditionnel. (Fig. 10).

Pour les grandes cultures le temps passé à l'irrigation représente environ 40 % des besoins totaux en main d'oeuvre avant la récolte en irrigation traditionnelle. Il est inférieur à 20 % en irrigation mécanisée.

type de culture	Irrigation traditionnelle	irrigation mécanisée
Grande culture (maïs, soja):		
M.O. par arrosage (h/ha/arr.)	1 h 15	0 h30
M.O. annuelle pour 8 arrosages (h/ha)	10 h 00	4 h 00
Arboriculture		
M.O. par arrosage (h/ha/arr.)	2 h 00	1 h 30
M.O. annuelle pour 5 arrosages	10 h 00	7 h 30

***Fig. 10** - Valeur moyenne des temps de travaux pour la conduite de l'irrigation de surface. Référence ARTEMIS (France).*

CIHEAM - Options Mediterraneennes

Bien que la réduction des temps (et de la pénibilité) des travaux soit importante et appréciée par les irrigants, l'économie qui en résulte ne suffit pas à compenser les charges d'amortissement supplémentaires dues à la mécanisation. Il en résulte que la principale incitation à la modernisation de l'irrigation de surface devrait résider dans l'économie d'eau non négligeable qu'elle procure (20 à 30 %). Comme la tarification de l'eau de la plupart des réseaux gravitaires n'est pas basée sur la vente d'eau au volume consommé, mais sur un forfait à l'hectare, seule des aides substantielles à l'investissement peuvent encourager la modernisation. Ces aides peuvent être justifiées par l'économie indirecte pour la collectivité liée à une meilleure valorisation de la ressource en eau et au développement de la production irriguée.

2. L'IRRIGATION PAR ASPERSION

L'irrigation par aspersion s'est rapidement développée après la seconde guerre mondiale, notamment en Europe et aux Etats-Unis. L'eau est transportée dans des réseaux de conduites sous pression puis délivrée au niveau de la parcelle par des bornes qui régulent la pression et le débit. A l'aval de la borne des conduite (porte-rampes et rampes) alimentent sous pression des asperseurs rotatifs qui répandent l'eau en pluie.

2.1. Les matériels d'aspersion

Les premiers réseaux étaient équipés de petits asperseurs fonctionnant sous une pression de 3 à 4 bars disposés le long d'une rampe mobile en alliage léger que l'on déplaçait à la main de poste en poste, pour irriguer l'ensemble de la parcelle (Fig. 11). Relativement peu coûteux en investissement, ce système était très exigeant en main d'oeuvre.

On a peu à peu évolué vers la **couverture totale** qui consiste à disposer sur la parcelle en début de campagne un quadrillage de rampes de petits diamètres, le long desquelles on déplace ensuite manuellement les asperseurs (Fig. 12).

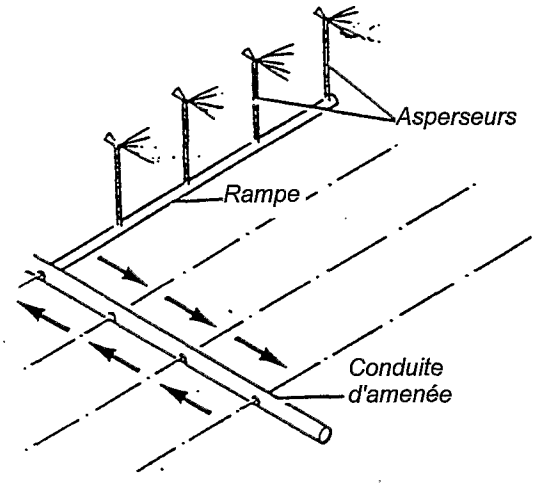


Fig. 11 - Irrigation par déplacement d'une rampe mobile

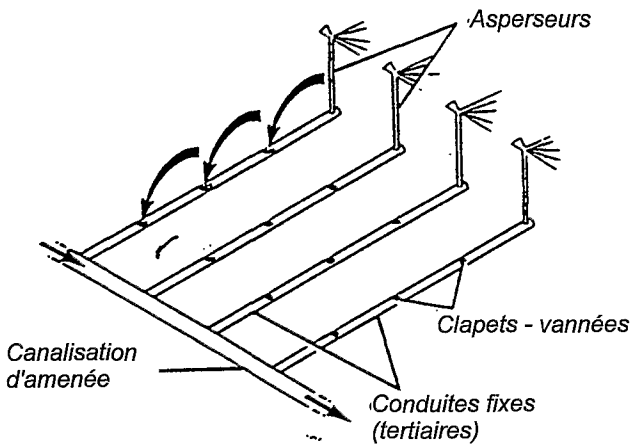


Fig. 12 - Couverture totale

CIHEAM - Options Mediterraneennes

On a finalement abouti à la **couverture intégrale** qui consiste à équiper les rampes fixes de l'ensemble des asperseurs (Fig. 13). Une fois posé l'ensemble n'est plus déplacé pendant toute la saison d'irrigation. La mise en eau successive des postes d'arrosage est réalisée par l'ouverture ou la fermeture de petites vannes en tête de chaque rampe. Ces vannes peuvent être commandées manuellement ou à l'aide de vannes semi-automatiques comme les vannes volumétriques ou encore de manière automatique par des programmateurs d'arrosage.

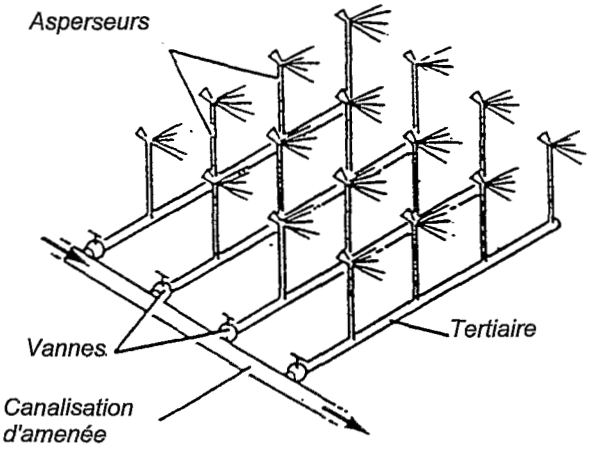


***Fig. 13** - Couverture intégrale*

Le gros intérêt de la couverture intégrale est qu'avec une bonne disposition d'asperseurs on peut obtenir une répartition bien homogène de l'eau sur l'ensemble de la surface irriguée. Les pertes d'eau sont pratiquement nulles et dans des dispositifs bien conçus, on obtient des rendements hydrauliques de l'ordre de 90 à 95 %. Ces systèmes peuvent être bien adaptés à toutes les formes de parcelle, à toutes les natures de sol quelle que soit la topographie et à toutes cultures. La couverture intégrale convient particulièrement bien aux cultures annuelles, dont la sole irriguée peut être déplacée dans l'assolement sur l'ensemble de l'exploitation.

Le problème en aspersion est l'influence du vent qui augmente très sensiblement l'hétérogénéité de répartition de l'eau dès que la vitesse du vent atteint environ 10 km/h. Au-delà de 30 km/h l'irrigation devient pratiquement impossible. On atténue l'effet du vent en rapprochant le plus possible les asperseurs et en les disposant en triangle ou en rectangle, dont la plus grande dimension est orientée dans le sens du vent.

En outre, lorsque le réseau ne dispose pas d'une charge gravitaire, la mise en pression nécessaire au bon fonctionnement des asperseurs entraîne des coûts d'énergie de pompage qui peuvent être importants.

Peu à peu, pour arroser de plus grandes surfaces, les asperseurs ont évolué vers les **canons d'arrosage** qui sont de gros asperseurs rotatifs fonctionnant sous une pression élevée de l'ordre de 5 à 8 bars. Ces canons ont un débit de 30 à 100 m^3/h et une portée du jet qui peut aller d'une vingtaine de mètres à plus de cinquante mètres.

Il faut savoir que l'irrigation au canon est d'autant plus sensible au vent que la portée du jet est importante. par ailleurs les gros canons ont une forte pluviométrie avec de grosses gouttes qui peuvent poser des problèmes de battances du sol (formation de croûte superficielle) sur des sols limoneux ou fins.

Les systèmes ont également évolué vers des appareils mobiles ou **machines d'arrosage**. Les plus répandus sont les enrouleurs et les pivots.

CIHEAM - Options Mediterraneennes

L'enrouleur est constitué d'une bobine mue par un moteur hydraulique, sur laquelle s'enroule un tuyau flexible en polyéthylène. L'enroulement du tuyau provoque le déplacement d'un canon d'arrosage monté sur un chariot à roues fixé à l'extrémité du tuyau (Fig. 14). L'enrouleur effectue ainsi un arrosage en bande, sans intervention. Au cours de l'arrosage, la vitesse d'enroulement est réglée automatiquement de façon à apporter la dose d'eau choisie. En fin de parcours l'enroulement s'arrête automatiquement et l'ensemble est déplacé au moyen d'un tracteur pour arroser la bande suivante.

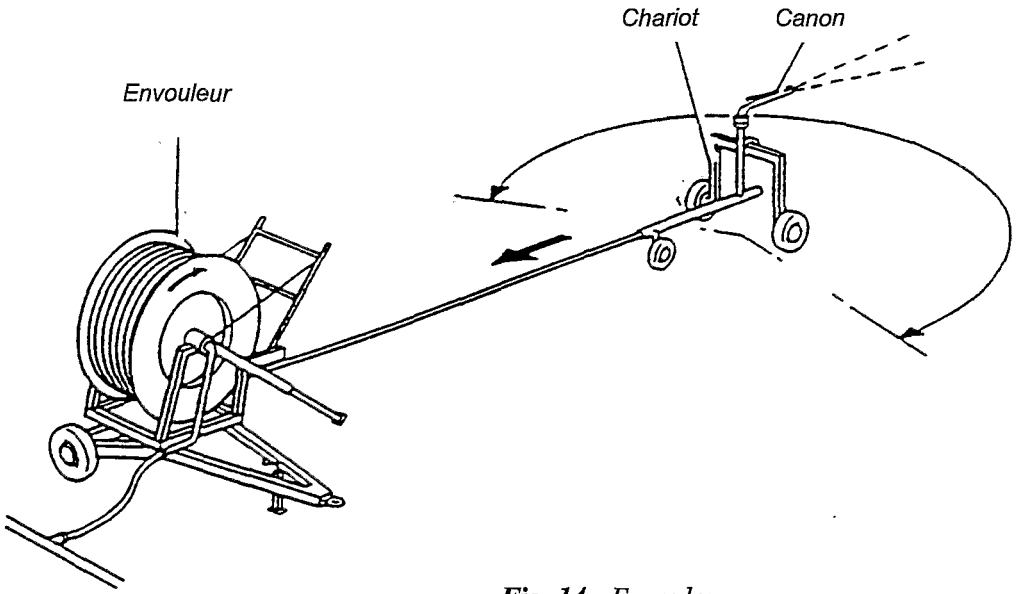


***Fig. 14** - Enrouleur*

L'enrouleur est le dispositif le plus utilisé en France pour arroser les grandes cultures annuelles. Il présente l'avantage d'une grande souplesse d'utilisation, pouvant être aisément déplacé d'une sole à l'autre. Il présente l'inconvénient du canon à savoir que la sensibilité au vent qui peut entraîner un arrosage très hétérogène. On peut y palier en remplaçant le canon par une rampe d'asperseurs montée sur roue. Le dispositif, beaucoup plus encombrant, perd alors de sa souplesse. Exigeant une pression de fonctionnement élevée (7 à 8 bars), l'enrouleur consomme beaucoup d'énergie.

Le pivot ou rampe pivotante est constitué d'une rampe articulée dont les travées sont portées par des tourelles automotrices entraînées par des moteurs électriques (Fig. 15). La rampe peut comprendre jusqu'à une quinzaine de travées de 35 à 65 m chacune. Elle est alimentée en eau par l'une de ses extrémités par un tuyau vertical ou pivot, autour duquel elle tourne. Le pivot arrose automatiquement un cercle ou une portion de cercle dont la superficie peut atteindre 100 à 150 hectares.

Il faut noter que la pluviométrie nécessaire pour apporter une dose homogène à chaque rotation, croît au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre. En extrémité de rampe, la pluviométrie maximale peut atteindre 80 à 100 mm/h, ce qui est incompatible avec la perméabilité de la plupart des sols. Il est conseillé de ne pas dépasser un rayon de l'ordre de 400 m, sauf sur sol sableux très perméable.

Le pivot présente l'avantage de pouvoir réaliser un arrosage très homogène et bien contrôlé, sans aucune intervention manuelle. Cela permet d'envisager son utilisation pour répandre les produits fertilisants ou de traitements phytosanitaires. Son principal

CIHEAM - Options Mediterraneennes

inconvénient est la forme circulaire de la surface arrosée. Il convient bien pour les grandes surfaces de monoculture.

Les dispositifs d'irrigation par aspersion présentent l'avantage d'être plus faciles d'emploi que l'irrigation de surface et d'être automatisables. Ils sont nettement plus efficients et permettent d'importantes économies d'eau: bien utilisés, ils permettent d'atteindre des rendements hydrauliques nets, voisins de 85-90 %. Ces rendements peuvent néanmoins être bien inférieurs si les arroseurs sont mal disposés ou les enrouleurs mal réglés, ou encore par vent fort.

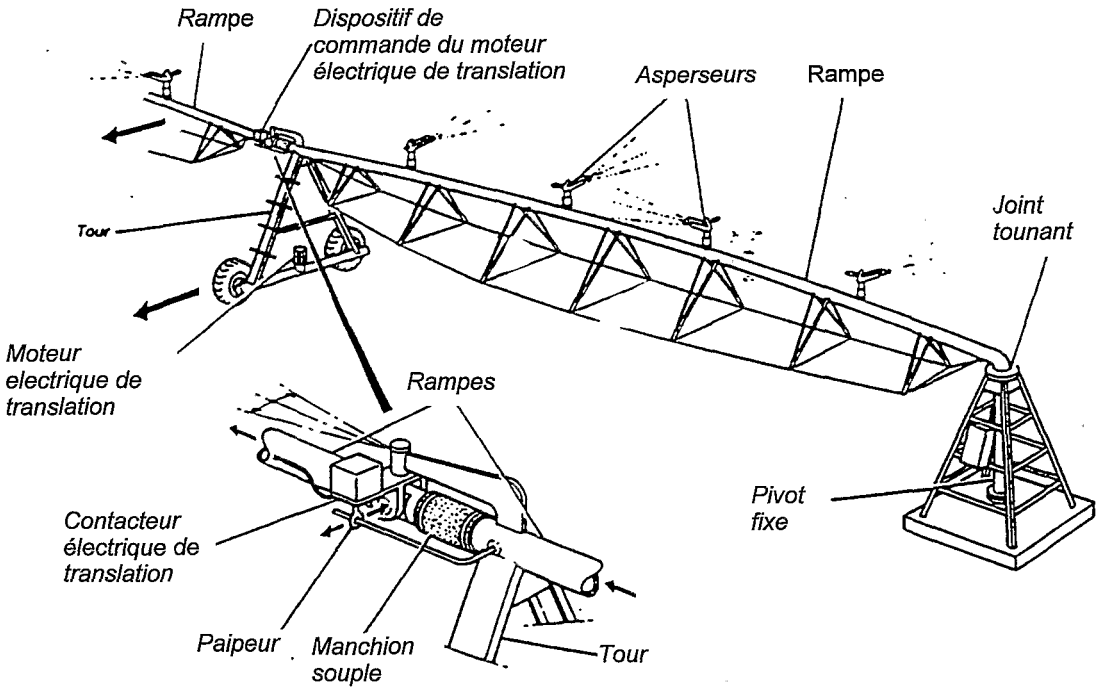


***Fig. 15** - Pivot*

2.2. Quelques références économiques

Comme pour l'irrigation de surface, l'incidence du choix d'un équipement d'irrigation sur l'ensemble de l'économie de l'exploitation est difficile à évaluer, chaque installation constitue un cas particulier justifiant une étude technique et économique spécifique. Toutefois, un simple budget partiel permettant de comparer le coût de l'irrigation au rendement supplémentaire de production qu'elle procure, permet d'éviter des erreurs coûteuses et d'éclairer le choix (J. DUBALEN et J. BASSEZ, 1987).

2.2.1. Charges d'investissement et de main d'oeuvre

Les éléments essentiels du coût de l'irrigation à considérer sont les charges d'investissement, les charges de main d'oeuvre, les charges d'énergie et d'entretien des équipements.

A titre indicatif, les figures 15 et 16 ci après donnent des ordres de grandeurs de coûts d'investissements et de temps de main d'oeuvre extraits d'une étude technico-économique réalisée en France par

CIHEAM - Options Mediterraneennes

l'IGER/BCMA en 1987, qui a fait l'objet d'un rapport de synthèse intitulé "matériels et installations d'irrigation par aspersion" (J. DUBALEN et J. BASSEZ, 1987). Ces références ont été établies sur des exploitations de grandes cultures (maïs).

Les équipements actuellement les plus utilisés en France sont l'enrouleur, le pivot et la couverture intégrale.

On peut constater que les coûts d'investissement (5000 à 15000 F/ha) sont du même ordre de grandeur que ceux des systèmes de distribution gravitaire enterré de type californien ou automatiques du type transirrigation. Ils sont plus élevés que ceux des gaines souples ou des rampes à vannettes, mais les durées d'amortissement des matériels d'aspersion étant de 10 à 12 ans, on retrouve des charges d'amortissement annuelles sensiblement du même ordre pour les équipements d'irrigation de surface et les matériels d'aspersion.

Concernant les temps de travaux, on constate également que, dans la mesure où l'irrigation de surface est bien conduite, sur des parcelles bien nivelées, on retrouve également des ordres de grandeur comparables entre l'ancien mode d'irrigation par rampes mobiles et l'irrigation de surface traditionnelle (environ 2 h/ha/arrosage), la couverture totale ou l'enrouleur et les systèmes mécanisés du type gaine souple ou rampe à vannettes (0h30 à 1 h/ha/arrosage), les systèmes fixes automatiques de type couverture intégrale ou pivot et transirrigation enterrée, qui ne nécessitent que des contrôles limités.

type d'équipement	coût ramené à l'hectare (F/ha)
rampe mobile, canon déplaçable	1500 à 3000
couverture totale	4000 à 5000
couverture intégrale:	
à commande manuelle	10500 à 11500
automatique	15000 à 17000
enrouleur	5000 à 7000
pivot: sur 80 à 30 ha	6000 à 9000
30 à 20 ha	9000 à 11500
20 à 10 ha	11500 à 14500

***Fig. 16** - Valeurs moyennes des investissements en matériels d'aspersion- Références: étude technico économique IGER-BCMA - France, 1987*

type d'équipement	Temps de travaux (h/ha)		
	installation - enlèvement (1)	à chaque irrigation	pour 5 irrigation/an
rampes mobiles	0h30 1h15	2 h	10h
couverture totale	3 à 4 h	0 h 50	4 h 10
couverture intégrale:	6 à 7 h 30		
-à commande manuelle		0 h 10	0 h 50
-automatique		p.m.	p.m.
enrouleur	0 h 30 à 1 h 15	0 h 45	3 h 45
pivot	p.m.		p.m.

***Fig. 17** - Valeurs moyennes des temps de travaux nécessaires en irrigation par aspersion - Référence: étude technico-économique IGER-BCMA - France 1987.*

CIHEAM - Options Mediterraneennes

2.2.2. Charge d'énergie

Un troisième élément de coût important en irrigation par aspersion réside dans les charges d'énergie nécessaires pour assurer une pression suffisante au niveau des asperseurs ou des canons. Ce coût est direct en cas de pompage individuel ou inclus dans la prix de l'eau en cas de distribution par réseau collectif sous pression.

L'importance de cet élément dans le coût de l'irrigation conduit à abandonner souvent les canons à haute pression, voir même les enrouleurs pour revenir à des installations fonctionnant à moyenne ou basse pression.

Par rapport à l'irrigation de surface modernisée, cet élément est à mettre en balance avec les suggestions et le coût des terrassements nécessaires en gravitaire, compte tenu des ordres de grandeur comparables des charges d'investissement et de main d'oeuvre.

2.2.3 Coût annuel de l'irrigation par aspersion

L'étude réalisée par l'IGER-BCMA en 1987 donne des coûts indicatifs de l'irrigation par aspersion sur grandes cultures (maïs) qui sont résumés à la Fig. 18.

type d'équipement	coût annuel de l'irrigation par ha. arrosé en F/ha (1)
couverture totale (24 x 24)	2500
couverture intégrale (18 x 24)	3050
enrouleur (S > 20 ha)	2700
pivot: S = 40 à 30 ha	2250 à 2500
30 à 20	2500 à 2800
20 à 10	2800 à 3300

(1) -équipement desservi par un réseau collectif: charges fixes en amont de la borne = 1100F/ha/an
-coût de l'énergie électrique: 0,30 F/kwh
-apports d'eau d'irrigation: 1800 m^3/ha/an

***Fig. 18** - Coût indicatif de l'irrigation d'une grande culture (maïs)*
Références: étude technico-économique IGER-BCMA, France 1987.

3. MICRO IRRIGATION

La micro-irrigation ou irrigation localisée consiste à humidifier une partie du sol dans la zone des racines des cultures en y apportant des petites doses d'eau fréquentes à faible débit. L'eau véhiculée dans des tuyaux en plastique de faible diamètre, est diffusée au voisinage des racines par des organes de distribution tels que des goutteurs, diffuseurs ou des ajutages calibrés.

3.1. Les matériels de micro-irrigation

Les goutteurs apportent l'eau de manière ponctuelle, en général à la surface du sol. Ils sont parfois enterrés. Ils débitent 1 à 8 l/h sous une pression voisine de 1 bar. L'eau s'infiltre en diffusant plus ou moins latéralement, suivant les caractéristiques du sol.

Ils peuvent être montés en déviation ou en ligne sur une rampe, ou être intégrés dans celle-ci. Il existe également des gaines à double parois dont une section transporte l'eau tandis que l'autre alimente les orifices par où goutte l'eau (fig. 19). Les gaines sont généralement jetables après une ou deux campagnes d'irrigation.

La qualité d'un distributeur goutte à goutte dépend notamment de sa sensibilité (variations du débit) aux variations de pression et au bouchage (RNED-HA, 1992).

CIHEAM - Options Mediterraneennes

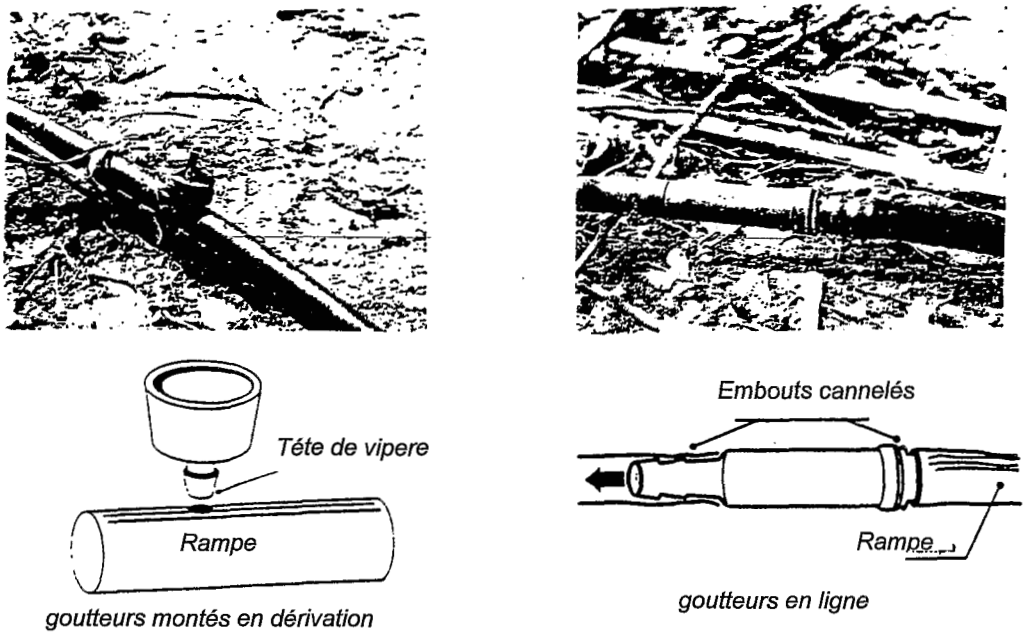


***Fig. 19** - Les distributeurs goutte à goutte*

Le choix du débit et de l'espacement des goutteurs, ainsi que la conduite de l'irrigation nécessitent une étude précise qui doit tenir compte des caractéristiques du sol et de ses aptitudes à diffuser l'eau (volume de sol humidifié), mais aussi du type de culture et des besoins en eau de pointe journaliers.

En effet, le volume de sol humidifié étant limité, il y a concentration des racines dans ce volume et la plante ne disposant pas d'autre réserve d'eau dans le sol doit être alimentée en eau pratiquement en temps réel et est très sensible aux défaillances des apports d'eau.

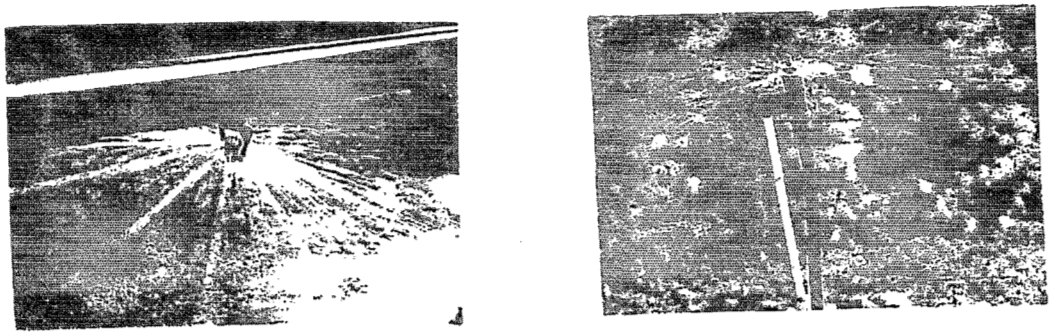
Compte tenu de la fréquence des apports nécessaires, l'irrigation doit être automatique. Elle est souvent commandée par minuterie pré programmée en fonction des besoins de la plante, mais sans tenir compte de l'état hydrique du sol, ce qui peut conduire à des apports d'eau exagérés et à des pertes par percolation. Il est préférable de piloter l'irrigation par un contrôle tensiométrique de l'évolution de l'état hydrique du volume de sol humidifié par le goutteur. Il existe des automates qui permettent un tel pilotage automatique.

Les diffuseurs fonctionnent comme de petits asperseurs statiques qui pulvérisent l'eau sous forme de tache de 1 à 2m. de rayon sur une partie de la surface du sol (Fig. 20). Sous une pression voisine de 1 bar, leur débit varie de 20 à 60 l/h selon les modèles.

Le mode d'irrigation est intermédiaire entre l'aspersion et le goutte à goutte. Il consiste à humecter le sol sur une profondeur de l'ordre de 40 cm. sur la partie de sol arrosée, ce qui conduit à irriguer une fois tous les deux à cinq jours. L'automatisation des installations peut être plus simple que pour le goutte à goutte.

Les ajutages sont constitués d'orifices calibrés fixés en dérivation sur la rampe, tous les 2,5 à 6,5 m. et recouverts d'un manchon brise-jet (fig. 21);. leur débit varie de 35 à 100 l/h, sous une pression de 1 bar, suivant le diamètre de l'ajutage (1,2 à 2,1 mm)

CIHEAM - Options Mediterraneennes



La forme des surfaces arrosées varie selon le type de tête utilisé

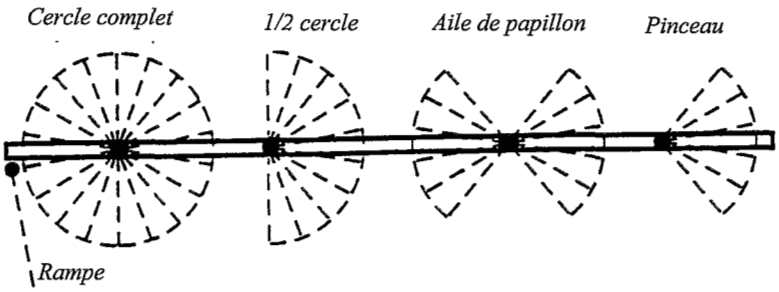


***Fig. 20** - Les diffuseurs*

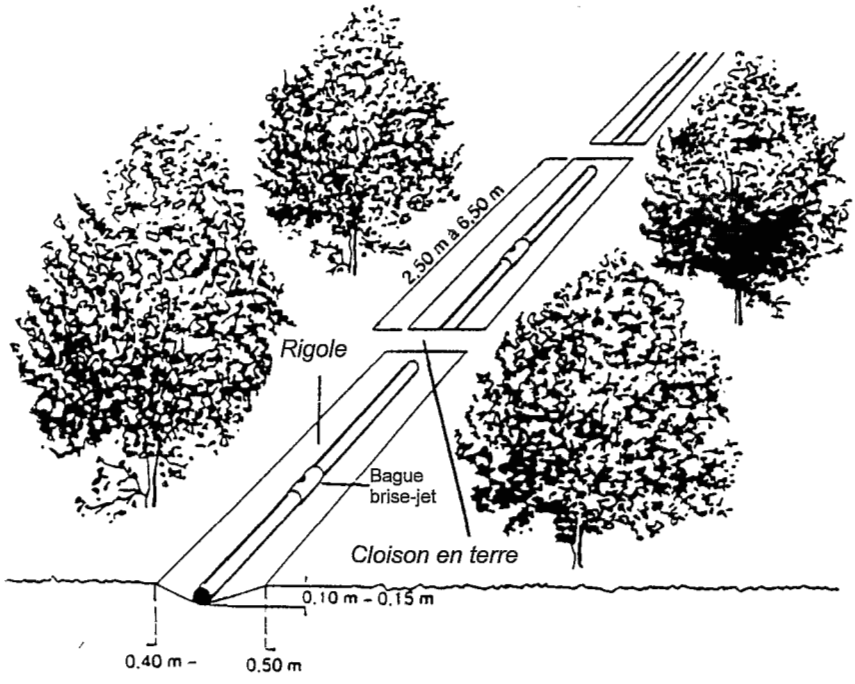


***Fig. 21** - Les ajutages calibrés*

CIHEAM - Options Mediterraneennes

Le type d'irrigation est intermédiaire entre le goutte à goutte et l'irrigation de surface, chaque ajutage apportant l'eau dans des micro-bassins autour ou le long des arbres. (Fig. 21)

La micro-irrigation présente de nombreux avantages. Utilisant de faibles débits avec de faibles pressions, cette technique exige peu d'énergie et des équipements légers. Les arrosages ne mouillent pas les feuilles, ne sont pas sensibles au vent et les pertes par évaporation sont limitées. La micro-irrigation permet un très bon contrôle des apports d'eau, tant en ce qui concerne les quantités apportées que l'uniformité des apports: on peut atteindre des rendements hydrauliques de 95 %, voire même plus élevés. Cela à condition toutefois que le système soit bien conçu et bien entretenu et que l'irrigation soit bien conduite. Ce bon contrôle des apports d'eau permet d'utiliser le réseau d'irrigation pour apporter les produits fertilisants de façon automatique.

Les dispositifs de micro-irrigation sont sensibles au colmatage physique (particules solides), chimique (dépôts, incrustations) et biologique (développement d'organismes). Leur bon fonctionnement exige une eau de bonne qualité, ce qui nécessite en général un poste de filtration, une surveillance et un entretien du réseau efficaces.

L'apport fréquent de doses faibles impose pratiquement une automatisation du réseau. Mais celle-ci est facile tant pour l'irrigation que pour les apports d'engrais par le réseau.

La concentration des racines dans les volumes limités des bulbes humides rend les plantes sensibles à toutes défaillances qui peuvent affecter les apports d'eau et nécessite un pilotage de l'irrigation précis et délicat.

Enfin les investissements d'un bon réseau de micro-irrigation sont élevés.

3.2. Quelques éléments de comparaison économiques

Les coûts d'investissement des équipements de micro-irrigation sont très variables suivant le type de culture et la densité des distributeurs, suivant l'importance du réseau (de la surface irriguée) que contrôlent les équipements de tête du réseau (filtration, fertilisation, automatisme) et selon la nature et la durée de vie des distributeurs. On peut citer un ordre de grandeur de 12000 à 25000 F/ha en irrigation de verger ou maraîchage pour des distributeurs de type goutteurs ou diffuseurs en France. L'investissement est moindre avec gaines jetables, mais la durée de vie des gaines étant inférieure, on est conduit à des charges d'amortissement aussi élevées, de l'ordre de 2000 à 5000 F/ha, ce qui conduit à des coûts annuels d'irrigation de l'ordre de 4000 à 8000 F/ha/an, avec des coûts d'utilisation (eaux, main d'oeuvre) voisins de 2000 à 3000 F/ha/an.

La micro-irrigation est particulièrement bien adaptée à des cultures à haut revenu telles que vergers, vignes, maraîchage. En France son coût élevé limite son développement sur les grandes cultures.

4. CONCLUSIONS

Des progrès technologiques consistant à mécaniser et automatiser les réseaux d'irrigation permettent d'améliorer sensiblement les performances de l'irrigation tout en diminuant les interventions manuelles pénibles. Ces progrès concernent tous les modes d'irrigation, mais sont relativement plus avancés en aspersion et en micro-irrigation. Ils peuvent aller jusqu'à l'automatisation complète de l'irrigation, pilotée par micro-ordinateur en fonction d'informations micro-météorologiques, agronomiques ou sur l'état hydrique du sol, transmises en temps réels par des capteurs. Des commandes à distance permettent à l'irrigant de faire toutes modifications ou interventions utiles en cas de besoin.

Néanmoins de telles modernisations font intervenir des équipements industriels d'autant plus sophistiqués et coûteux que l'automatisation est poussée. En outre, l'utilisation de tels équipements exige souvent un bon niveau de technicité. Cela doit conduire à raisonner le choix du mode d'irrigation et du matériel en tenant compte de l'ensemble des avantages et des inconvénients de chacun des types d'équipement, tant sur le plan technique qu'économique. On devra considérer notamment la disponibilité de la ressource en eau, les contraintes financières et de main d'oeuvre, le niveau de technicité et d'équipement de l'exploitation, par rapport à l'objectif de production.

Moderniser l'irrigation ne signifie pas obligatoirement remplacer l'irrigation de surface par l'aspersion ou par la micro-irrigation. Certes, l'irrigation de surface ne permet pas d'atteindre les rendements hydrauliques maximaux des réseaux sous pression. Mais un système d'irrigation de surface modernisé bien utilisé peut avoir une performance supérieure à celle d'un réseau d'irrigation par aspersion ou de micro-irrigation qui fonctionne mal.

CIHEAM - Options Mediterraneennes

BIBLIOGRAPHIE

- **Baudequin D. et Al,** 1990 - Les réseaux basse pression en irrigation de surface - CEMAGREF, SCP, ENGREF.
- **Berthome et Al,** 1989 - Acquisition de Références Technico-Economiques sur les Matériels d'Irrigation de Surface (ARTEMIS) - CEMAGREF, SCP.
- **Dubalen J. et BASSEZ J.,** 1987 -Matériels et installation d'irrigation par aspersion; étude technico-économique - IGER-BCMA, RNED-HA.
- **Hlavek R., 1992** - Critères de choix d'un système d'irrigation -CIID.
- **Humpherys A.S.,** 1987 - Automatisation des systèmes d'irrigation de surface à la parcelle à travers le monde - CIID.
- **Mailhol J.-C.,** 1992 -Un modèle pour améliorer la conduite de l'irrigation à la raie - Bulletin de la CIID.
- **RNED-HA:** groupe de travail irrigation localisée, 1992 - irrigation localisée; choix et utilisation des équipements de micro-irrigation.