



Projet INCO-WADEMED
Actes du Séminaire
Modernisation de l'Agriculture Irriguée
Rabat, du 19 au 23 avril 2004



Promotion de l'irrigation localisée dans le périmètre irrigué de la basse Moulouya au Maroc

C. Tizaoui

ORMVA de la Moulouya, Berkane, Maroc

E-mail :

Résumé - Le périmètre irrigué de la basse Moulouya s'étend sur 65 400 ha en grande hydraulique, sous un climat semi-aride et des précipitations faibles et irrégulières (300 mm/an), et utilise l'eau provient du barrage Mohamed V, dont la capacité est réduite par l'envasement à 331 millions de m³ (potentiel diminué de moitié). La baisse des apports depuis les années 80 en raison des sécheresses et de la diminution de la capacité du barrage conduit à une situation imminente de pénurie d'eau dans ce périmètre. L'irrigation gravitaire est le système le plus répandu (plus de 75 % de la superficie), mais connu pour ses mauvaises performances (uniformité d'irrigation, efficacité d'application à la parcelle) et les pertes en eau enregistrées sont inacceptables dans des conditions de ressources en eau limitée. En 1998, face à cette situation préoccupante, un projet de reconversion de ce mode d'irrigation en techniques modernes et performantes, comme l'irrigation localisée (au goutte-à-goutte), a été lancé par l'office régional de mise en valeur agricole de la Moulouya (ORMVAM). Plusieurs actions ont été entreprises, notamment la création d'une cellule d'étude des projets d'irrigation localisée et d'encadrement technique. Dans le cadre de cette reconversion, depuis 2002, les subventions atteignent 40 % du coût à la charge de l'agriculteur, et des primes sont attribuées pour le rajeunissement des vergers d'agrumes. La reconversion en irrigation localisée concerne déjà 2 300 ha, surface encore faible par rapport au projet de 18 000 ha pour 2010 (dont 16 000 ha actuellement en gravitaire, 2 000 ha par aspersion). La progression lente de cette reconversion est liée au coût des bassins de stockage, indispensables car le réseau d'irrigation est conçu selon un tour d'eau et la zone ne dispose pas de nappe phréatique de bonne qualité. L'étude financière des projets d'irrigation localisée montre que le coût/ha décroît avec l'augmentation de la superficie aménagée, alors que le coût du matériel de transport et de distribution est constant (13 000 Dh/ha). L'ORMVAM mettra donc en place des projets collectifs pilotes au profit des petits agriculteurs afin de réduire le coût. Ces projets seront gérés par des associations d'usagers d'eau d'irrigation, qui acquerront un savoir-faire de la gestion collective de l'irrigation.

Mots clés : association d'usagers de l'eau, bassin de stockage, irrigation gravitaire, irrigation localisée, Moulouya, Maroc.

1 Introduction

Le périmètre irrigué de la basse Moulouya connaît une pénurie d'eau qui menace le développement économique et social acquis à l'aval du barrage grâce à l'irrigation. En effet, Le barrage Mohamed V, qui représente actuellement une retenue d'environ 331 millions de m³ (retenue initiale utile de 730 millions de m³), devrait desservir le périmètre irrigué sur une superficie de 65 400 ha en "grande hydraulique". La baisse constante de la capacité utile du barrage due à l'envasement et les apports assez faibles de l'oued Moulouya risquent de compromettre l'irrigation du périmètre de la Moulouya. Cette situation préoccupe énormément les gestionnaires aussi bien sur le plan régional à l'Office régional de mise en valeur agricole de la Moulouya (ORMVAM) que sur le plan national et interpelle les responsables quant à la nécessité de mettre en œuvre des actions susceptibles de réduire l'impact de cette pénurie d'eau.

Dans des conditions de rareté de l'eau, la lutte contre le gaspillage de cette ressource s'impose afin de mieux satisfaire la demande agricole, faire face à la demande des usagers non agricoles notamment l'alimentation en eau potable et industrielle, mieux répondre aux conditions de sécheresse et conserver la ressource.

Les interventions qui permettraient d'économiser de l'eau en agriculture se situent à trois niveaux :

- celui de l'exploitation agricole, où la décision est individuelle, elle revient à l'exploitant ;
- celui du réseau d'irrigation collectif exploité par l'ensemble des agriculteurs ;
- celui du bassin hydrographique, où la décision est complexe et tient compte des allocations d'eau entre les secteurs usagers et des règles de contrôle environnemental.

Ainsi, les premières actions pour économiser de l'eau en agriculture devraient porter sur l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation à la parcelle grâce à l'introduction de techniques modernes.

2 Actions entreprises par l'ORMVAM pour l'irrigation à la parcelle

2.1 Expérimentation

2.1.1 Essai de stress hydrique de la betterave à sucre

Pour mettre en évidence l'effet d'une irrigation déficitaire ("sous-irrigation") sur le rendement de la betterave sucrière, des essais ont été mis en œuvre à la station expérimentale de Boughriba durant quatre ans. Les résultats ont montré que pratiquer une irrigation déficitaire de la betterave à sucre peut constituer une stratégie d'économie d'eau de l'ordre de 30 %.

2.1.2 Essai de techniques d'irrigation gravitaire

Plusieurs essais de techniques d'irrigation gravitaire pour économiser de l'eau ont été menés à la station expérimentale de Boughriba : revêtement des arroseurs par les films plastiques ; utilisation de rampes à vannettes et de gaines souples ; revêtement des arroseurs par du matériau de génie civil ; technique d'irrigation localisée sur la betterave à sucre et plantations d'agrumes âgés.

2.2 Besoins en eau des cultures

L'ORMVA de la Moulouya a mis en place deux stations météorologiques automatiques, respectivement sur la rive droite et sur la rive gauche de l'oued Moulouya. Chaque station mesure les paramètres agroclimatiques nécessaires pour le calcul de l'évapotranspiration de référence de Penman-Monteith.

L'enregistrement et l'archivage des données journalières et horaires ont commencé au début de l'année 2001. Ces données expriment le besoin brut des principales cultures et le calendrier des irrigations. De même, le pilotage des irrigations pour l'essai de la culture de betterave à sucre en irrigation localisée à la station expérimentale de Boughriba a été fait grâce à la station météorologique.

2.3 Reconversion du mode d'irrigation gravitaire à la parcelle en irrigation localisée

Le système d'irrigation le plus répandu dans le périmètre de la Moulouya est l'irrigation gravitaire traditionnelle. Cette technique, transmise par nos ancêtres, ne répond plus au contexte actuel d'utilisation de l'eau.

Y-a-t-il une place pour l'irrigation gravitaire de nos jours ? C'est la question qui se pose aujourd'hui.

La réponse est positive, car il est possible de mécaniser et d'automatiser l'irrigation de surface, tout en atteignant des efficacités comparables à celles des méthodes sous pression, à condition de niveler avec précision à l'aide d'un contrôle laser et de mettre à la disposition des agriculteurs des équipements adéquats pour le travail du sol, et des équipements pour l'application de l'eau en tête de parcelle. Ces techniques de gestion seront plus exigeantes, qu'il s'agisse de l'irrigation par sillons longs ou de l'irrigation par bassin à pente nulle. La modernisation des réseaux collectifs de distribution est aussi souhaitable pour que des débits plus forts et constants soient disponibles aux prises d'eau à la parcelle.

En revanche, l'irrigation traditionnelle par rigoles risque de disparaître à court terme car les besoins en main-d'œuvre sont très importants, l'uniformité de distribution et l'efficacité de l'irrigation de ce système ne peuvent être acceptées dans les conditions actuelles de pénurie d'eau dans le périmètre.

Concernant l'irrigation par aspersion qui couvre 13 500 ha dans la plaine du Garet, on observe fréquemment des hétérogénéités de distribution et des pertes abondantes causées par l'emploi de matériel mobile en mauvais état.

Quant à l'irrigation localisée, bien qu'elle ne couvre actuellement qu'environ 2 300 hectares, elle est considérée comme une technique prometteuse dans les conditions de pénurie d'eau que connaît le périmètre de la Moulouya.

Ainsi, pour mettre en évidence l'importance des systèmes d'irrigation localisée, l'ORMVA de la Moulouya a mis en place les dispositifs suivants :

- la création d'une cellule d'étude et de suivi des projets d'irrigation localisée ;
- l'équipement des stations expérimentales en matériel d'irrigation localisée ;
- la passation de contrats avec deux agriculteurs pour l'équipement de leurs exploitations à titre de démonstration ;
- l'étude technico-économique de reconversion du réseau collectif d'irrigation gravitaire et des différentes variantes possibles d'adoption du mode d'irrigation localisée ;
- la mise en place d'une cellule pluridisciplinaire pour le suivi des investissements privés ;
- l'organisation de plusieurs journées de sensibilisation et d'étude au siège de l'ORMVA

- et dans les subdivisions au profit des agriculteurs ;
- l'incitation des agriculteurs au renouvellement des plantations âgées ;
 - la conclusion d'un accord avec l'Agence espagnole de coopération internationale pour la mise en place de quelques projets collectifs de micro-irrigation destinés à des petits agriculteurs.

3 Caractéristiques de l'irrigation localisée

L'irrigation localisée à basse pression permet une grande économie d'eau par rapport aux autres méthodes grâce à son efficacité de distribution élevée résultant d'une bonne uniformité de distribution et de plus faibles pertes par évaporation directe du sol (au moins avec l'irrigation au goutte-à-goutte). Aussi, le besoin brut en eau de la culture est diminué par un coefficient de réduction dépendant du taux de couverture du sol par la culture en projection verticale (tableau 1).

TAB. 1 – Valeurs du coefficient de réduction du besoin brut de la culture, Kr, résultant des diverses formules proposées en fonction du taux de couverture du sol (Bulletin FAO, n° 36).

Taux de couverture du sol (%)	Kr proposé selon différents auteurs		
	Keller et Karmeli	Freeman et Gazoli	Decroix (CTGREF)
10	0,12	0,10	0,20
20	0,24	0,20	0,30
30	0,35	0,30	0,40
40	0,47	0,40	0,50
50	0,59	0,75	0,60
60	0,70	0,80	0,70
70	0,82	0,85	0,80
80	0,94	0,90	0,90
90	1	0,95	1
100	1	1	1

Cet ensemble de méthodes d'irrigation, l'irrigation au goutte-à-goutte en particulier, permet d'économiser de l'eau mais a aussi d'autres avantages :

- l'automatisation complète donc une économie importante de main-d'œuvre ;
- une consommation relativement faible d'énergie étant donné les basses pressions de fonctionnement requises ;
- un investissement de capitaux inférieur à celui des systèmes fixes par aspersion ;
- l'absence de phénomène d'érosion et de tassement du sol au cours de l'arrosage ;
- la grande uniformité de distribution de l'eau, ce qui rend possible la pratique de l'irrigation fertilisante et éventuellement l'application d'anti-parasites au sol ;
- le maintien de l'humidité du sol à un potentiel proche de la capacité au champ, ce qui permet à la plante d'utiliser la plus grande partie de son énergie à produire sa matière végétale et non pas à puiser l'eau du sol ;
- l'irrigation d'une large gamme de cultures – cultures herbacées avec paillis, fraise par exemple, cultures protégées. En plein champ, les irrigations sont de plus en plus appliquées non seulement aux cultures arboricoles mais aussi aux cultures maraîchères ou repiquées en rangs espacés ou jumelés (tomate, artichauts, poivron, melon, ...).

Toutefois, ce système a aussi certains inconvénients :

- la difficulté d'adaptation de la livraison de l'eau aux usagers par tour, sauf si des bassins d'accumulation sont installés au sein de l'exploitation agricole ;
- le risque d'occlusion des distributeurs, en particulier des goutteurs. Cela peut être évité en filtrant l'eau par des types de filtres divers ou combinés suivant le matériel en suspension dans l'eau d'irrigation ;
- la réduction plus au moins importante du volume de sol humidifié et par conséquent, activement exploré par les racines. Cela dépend du nombre de distributeurs par unité de surface et des caractéristiques du sol (granulométrie et variabilité le long du profil), du type et du débit du distributeur utilisé et du volume d'arrosage apporté ;
- l'accumulation des solutés le long de la zone de sol humectée (le bulbe humidifié) (figure 1). Dans le cas d'utilisation d'eau saumâtre, les solutés accumulés à la surface pourraient nuire à la culture suivante s'ils n'ont pas été lessivés par la pluie ou lors d'une irrigation préalable avant le semis ou avant le repiquage ;
- le développement de parasites dans les aires proches des goutteurs en particulier dans les sols argileux.
- Zone de faible salinité
- Zone d'accumulation Zone de basse des solutés

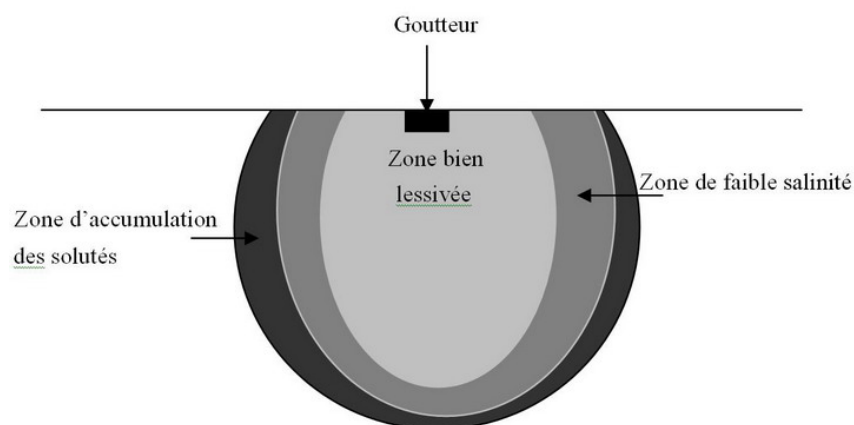


FIG. 1 – Le bulbe humidifié par l'irrigation au goutte-à-goutte et les zones d'accumulation des solutés.

L'irrigation localisée créant une réserve faible dans la zone racinaire, des tours d'arrosage courts et des volumes d'irrigation faibles sont nécessaires. Pour les cultures arboricoles, le tour d'arrosage peut varier d'une fréquence journalière dans un sol sableux à une fréquence de trois jours dans les sols argileux. En irrigant de façon à maintenir le sol proche de la capacité au champ, il se crée, dans le volume de sol humecté, un flux d'eau et de soluté plus au moins continu depuis la zone au-dessous du distributeur vers le front d'humectation. Du fait de cette situation, les méthodes d'irrigation localisée – surtout le goutte-à-goutte – sont adaptées à l'épandage des eaux saumâtres et elles permettent l'irrigation fertilisante pour l'application des engrais azotés ou d'autres apports si nécessaire.

Pour les cultures arboricoles, l'espacement entre les rampes porte-goutteurs et entre les distributeurs sur la rampe dépend de la technique de culture, de l'espèce à irriguer, du type de distributeur et des caractéristiques du sol. Dans le cas de l'irrigation au goutte-à-goutte, l'espacement entre les goutteurs sur la rampe porte-goutteurs devrait être tel qu'à la fin de l'arrosage, une bande continue de sol humecté apparaît le long de la rampe. D'après ce critère, la distance entre les goutteurs sur la rampe pourrait varier de 30 cm en sol sableux à 130 cm en sol argileux. Le pourcentage de la superficie sous irrigation est faible en irrigation localisée comparativement aux autres méthodes d'irrigation (tableau 2), il dépend de l'emplacement de l'émetteur, de la pression de son fonctionnement et de son débit horaire. Ces paramètres déterminent le diamètre

effectivement couvert par l'émetteur.

TAB. 2 – Pourcentage de la superficie irriguée recommandée selon les différents systèmes d'irrigation (Albert Avidan, 1994[1])

Système d'irrigation	Superficie sous irrigation (%)
Aspersion	100
Micro-aspersion	50-75
Goutte-à-goutte	30-70

4 Coût de l'investissement des projets de reconversion en irrigation localisée

4.1 Bassin d'accumulation

Dans le périmètre irrigué de la basse Moulouya, le réseau d'irrigation est conçu selon un tour d'eau et la livraison de l'eau aux usagers ayant des installations d'irrigation localisée à la parcelle est adaptée à l'aide des bassins de stockage. Ces bassins représentent la composante la plus importante du point de vue du coût d'investissement dans les projets de reconversion en irrigation localisée.

Les bassins à parois rigides, dont le revêtement est en béton armé, sont plus coûteux et ne sont pas recommandés dans les sols argileux (gonflants). Le revêtement souple avec une géomembrane plastique est le plus utilisé au cours de ces dernières années vu son coût faible par rapport à celui du revêtement en béton.

Pour les deux types de bassins (figure 2), le coût d'investissement à l'hectare diminue si la surface de la parcelle augmente et atteint un palier pour une superficie de l'exploitation supérieure ou égale à 10 ha. La quantité de terrassement par hectare étant constante, la quantité de revêtement par hectare diminue avec l'augmentation de la superficie à irriguer.

4.2 Station de tête

Pour la station de tête, le coût d'investissement à l'hectare diminue avec l'augmentation de la superficie à irriguer et se stabilise pour une superficie d'exploitation supérieure ou égale à 10 ha (figure 3). En effet, la durée totale d'irrigation par jour peut être assez élevée en irrigation localisée pendant le mois de pointe, ce qui permet d'irriguer des superficies allant jusqu'à 10 ha avec le même matériel de tête.

4.3 Matériel de transport et de distribution de l'eau

Les composantes de matériel de transport et de distribution de l'eau représentent un coût moyen constant quelle que soit la superficie à irriguer, soit 13 000 Dh/ha.

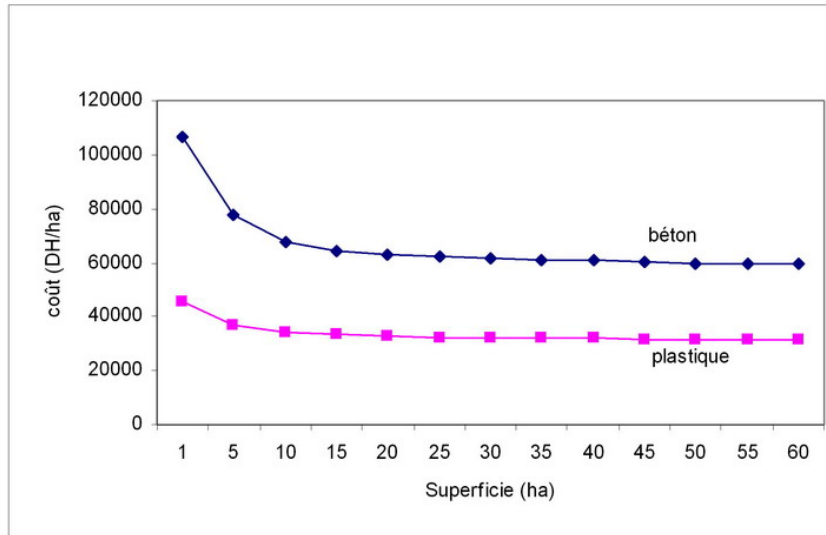


FIG. 2 – Coût du bassin (Dh/ha) en fonction de la superficie de l'exploitation.

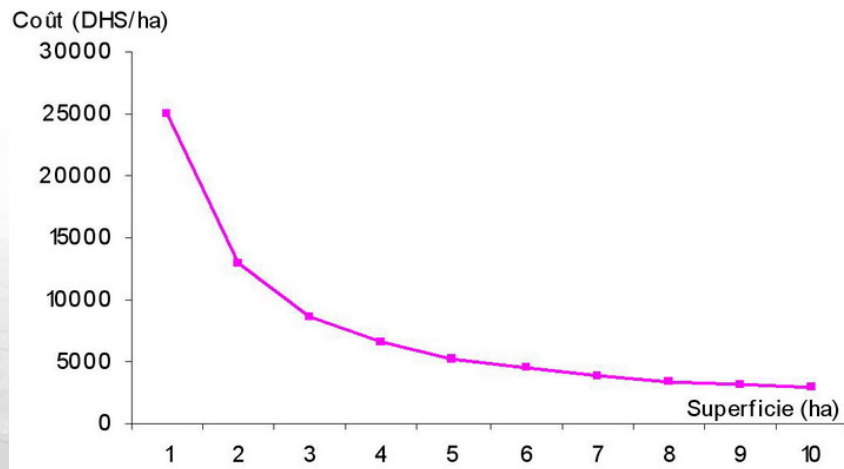


FIG. 3 – Evolution du coût (Dh/ha) d'une station de tête en fonction de la surface à irriguer.

4.4 Coût total

Les coûts des différentes composantes d'une installation d'irrigation localisée pour obtenir le coût total (figure 4).

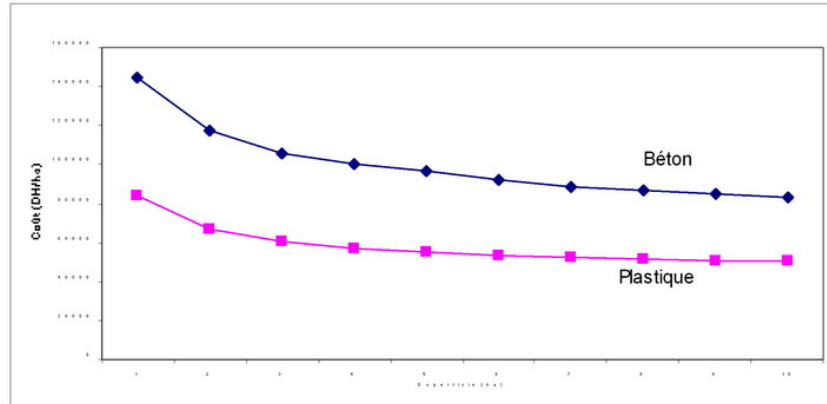


FIG. 4 – Coût total de l'aménagement en fonction de la superficie de l'exploitation.

5 Situation de l'irrigation localisée dans le périmètre de la Moulouya

5.1 Evolution des superficies équipées et mesures d'incitation

Depuis le début des années 80, les conditions climatiques du périmètre irrigué de la Moulouya ont posé avec acuité le problème de pénurie d'eau à usage agricole en provenance du barrage Mohamed V. A cette époque, la sécheresse était supposée temporaire et il était question d'utiliser les eaux souterraines par le biais de puits ou de forages. L'amélioration de l'irrigation à la parcelle, en particulier par la mise en pratique de l'irrigation localisée représentait une deuxième solution (entre 1986 et 1989) et seules les grandes fermes l'adoptaient.

A partir de 1990, il s'est avéré que même l'exploitation des eaux souterraines ne résolvait pas le problème de la satisfaction des besoins en eau d'irrigation, car le niveau des nappes baissaient et leur salinité augmentait.

Ainsi, il fallait améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau agricole et sa valorisation en agissant à différents niveaux, notamment principalement en encourageant l'adoption de l'irrigation localisée. De ce fait, les superficies équipées par les entreprises privées ont évolué mais lentement (figure 5) à cause de l'alternance d'années pluvieuses et d'années sèches, du coût initial assez élevé, du vieillissement des vergers et du manque de maîtrise de cette technique par les agriculteurs.

A partir de 1998, face à la situation préoccupante de la sécheresse, considérée alors comme structurelle, l'ORMVA de la Moulouya a été amené à appliquer des restrictions sévères en allocation d'eau pour l'irrigation et a mis en place tous les moyens dont il dispose pour permettre la reconversion vers l'irrigation localisée. Principalement, le fait le plus marquant a été la création d'une cellule spécialisée en irrigation localisée dont les tâches essentielles sont la réalisation des études techniques au profit des agriculteurs intéressés et le suivi des travaux d'exécution des projets d'équipement en irrigation localisée.

Pour encourager davantage les agriculteurs s'apprêtant à reconvertir le mode d'irrigation de leurs exploitations, l'Etat a accordé plusieurs incitations financières :

- des primes à l'investissement de 2 000 Dh/ha équipé et 7 800 Dh/ha pour le rajeunissement des vergers d'agrumes dans le cadre d'un programme étalé sur cinq ans, en plus des subventions à hauteur de 30 % du coût du matériel de distribution de l'eau ;
- le financement des projets d'équipement en irrigation localisée avec un taux d'intérêt de 8,5 % ;
- des subventions mises en œuvre en 2002, atteignant 40 % du coût total du projet afin d'alléger les frais d'investissement à charge de l'agriculteur. Pour l'obtention de ces subventions, un suivi dès la phase d'étude du projet jusqu'à son achèvement doit avoir lieu par le Bureau des techniques d'irrigation de l'ORMVAM. Cette procédure a permis d'avoir des installations performantes. Cependant, la situation foncière de la majorité des terres dans le périmètre irrigué de la Moulouya ne permettrait pas aux exploitants de ces terres de bénéficier de ces aides selon les textes à appliquer à ce sujet.

La situation résultant de l'application de l'arrêté 1994.01 du 09/11/2001 relatif à ces dernières subventions par l'ORMVA de la Moulouya depuis le 15/06/2002 au 29/02/2004 est la suivante :

- étape 1, avant la réalisation du projet, le nombre de dossiers est de 67 pour une superficie nette de 892,34 ha ;
- étape 2, après l'achèvement du projet, le nombre de dossiers est de 15 pour une superficie nette de 212,17 ha.

Les superficies équipées en matériel de micro-irrigation dans le périmètre de la Moulouya sont en hausse (figure 5). Cependant, bien que la superficie équipée annuellement tend à augmenter (500 ha durant l'année 2003), la superficie totale équipée jusqu'à présent (2 300 ha) reste relativement faible par rapport à la superficie totale dominée par le réseau d'irrigation collectif - 65 400 ha en " grande hydraulique " et 10 700 ha en " petite et moyenne hydraulique ". Cette évolution est due principalement au coût élevé de l'aménagement des bassins d'accumulation, notamment parce que la petite exploitation est dominante dans le périmètre irrigué.

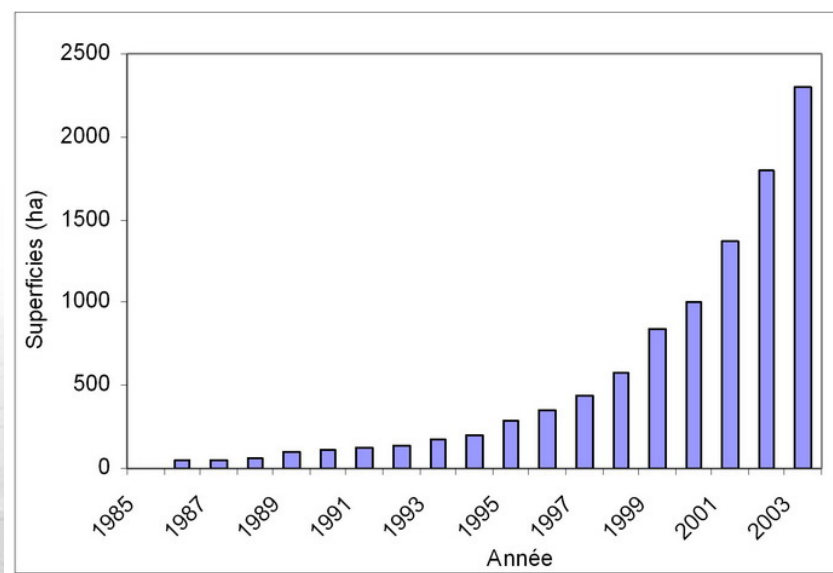


FIG. 5 – Evolution des superficies équipées en matériel d'irrigation de 1985 à 2003.

De ce fait, le regroupement des petites exploitations autour d'un équipement de tête collectif desservant des superficies supérieures ou égales à 10 ha permettrait de réduire le coût (rapporté

à la surface) par rapport à un équipement individuel. D'ailleurs, l'ORMVA de la Moulouya a préparé, dans ce sens, cinq projets pilotes collectifs d'équipement en matériel d'irrigation localisée au profit de quatre associations d'usagers de l'eau agricole et une coopérative de la réforme agraire, regroupant 35 bénéficiaires sur une superficie totale de 68 ha. Ces projets entrent dans le cadre d'un accord de coopération conclu entre l'ORMVA de la Moulouya et l'Agence espagnole de coopération internationale portant sur l'usage rationnel de l'eau d'irrigation dans les périmètres de la basse Moulouya.

Ces projets comprennent :

- le terrassement et le revêtement en géomembrane plastique de 5 bassins de stockage d'eau d'irrigation ;
- la fourniture et l'installation de 5 groupes motopompes ;
- la fourniture et l'installation de 5 stations de tête ;
- la fourniture et l'installation du matériel nécessaire pour les réseaux d'irrigation.

5.2 Situation prévisionnelle

D'ici à 2010, il est prévu qu'une superficie d'environ 16 000 ha irriguée actuellement en gravitaire et 2 000 ha en aspersion seront couvertes par un matériel d'irrigation localisée. La superficie plantée est la première concernée par la reconversion.

Ce projet de reconversion permettra une économie d'eau d'environ 68 millions de m³/an en tête des parcelles et de 85 millions de m³/an au niveau du barrage.

6 Conclusion

Le déficit hydrique que connaît le périmètre de la Moulouya est devenu un phénomène structurel. Face à la gravité de ce problème, l'utilisation rationnelle de l'eau représente l'un des défis majeurs auxquels est confrontée l'agriculture irriguée dans la région. La rareté de l'eau posée comme un problème sérieux met l'accent sur la nécessité d'établir une politique d'économie de l'eau qui passe nécessairement par l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation.

L'irrigation localisée constitue une technique nécessaire à adopter dans les zones irriguées marquées par le problème de pénurie d'eau et assure plusieurs avantages dont principalement l'économie d'une quantité importante en eau d'irrigation et sa valorisation, elle représente le mode d'irrigation le plus approprié dans notre périmètre.

En fait, l'étude financière des projets de reconversion du mode d'irrigation gravitaire à la parcelle en irrigation localisée, même dans les conditions particulières du périmètre de la Moulouya – nécessité de bassins d'accumulation pour pallier le problème du tour d'eau imposé par le réseau – fait ressortir des résultats positifs et de plus en plus encourageants avec l'augmentation de la superficie de l'exploitation à reconvertir.

Il convient de signaler pourtant que les superficies équipées ont peu évolué entre 1985 et 1997, alors qu'entre 1998 et 2003, les systèmes d'appui et d'aide instaurés par l'Etat et par l'ORMVAM, en tant que gestionnaire, ont permis une augmentation relativement rapide des superficies équipées. Cette superficie reste tout de même assez faible par rapport à la superficie totale du périmètre irrigué ; la contrainte principale à l'extension de cette technique d'irrigation, soulevée à travers le diagnostic de la situation actuelle, est le coût assez élevé des bassins de stockage et la prédominance des petites exploitations. Dans ce sens, l'ORMVA de la Moulouya procède à la mise en place de quelques projets collectifs pilotes d'irrigation localisée grâce à un projet de coopération avec l'Agence espagnole de coopération internationale.

D'ici à 2010, il est prévu qu'une superficie de 18 000 ha soit couverte par du matériel d'irrigation localisée, ce qui permettra une économie en eau d'irrigation d'environ 85 millions de m³/an au niveau du barrage.

Références

- [1] Albert A., 1994. Détermination du régime d'irrigation des cultures. Edition HAIGUD, Société pour le transfert de la technologie.
- [2] Calliandro A., 1989. Méthodes d'irrigation. Cours, IAM de Bari, Bari, Italie.
- [3] Ives P., 1998. Irrigation localisée. Cours, coopération maroco-française.
- [4] Pereira L.S., 1993. Gestion de l'eau en agriculture. CIEHAM, revue n ° 3, septembre 1993.
- [5] Tizaoui C., 1995. Approche à la modélisation des effets de la variation de la pression à la borne sur les performances d'une installation d'irrigation à la parcelle. Mémoire de fin d'étude. IAM de Bari, Bari, Italie.
- [6] Tizaoui C., 2000. Promotion de l'irrigation localisée au service de l'économie de l'eau dans le périmètre de la Moulouya. Projet présenté à l'ORMVAM pour l'obtention du grade d'ingénieur d'Etat principal. Berkane, Maroc.
- [7] Vermeren L., 1983. L'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, control du fonctionnement. FAO, bulletin n ° 36.