

L'expérience de l'irrigation par aspersion dans les secteurs collectifs de la Grande Hydraulique du Maroc

A. KETTANI¹, A. HAMMANI¹, A. TAKY¹, M. KUPER²

(Reçu le 17/02/2020; Accepté le 27/05/2020)

Résumé

Au début des années 1970, le Maroc a introduit l'irrigation par aspersion pour accélérer le rythme de l'extension de l'irrigation, améliorer son efficacité et rendre sa pratique plus facile. Installée sur 151 700 ha, principalement en grande hydraulique, l'irrigation par aspersion n'a pas connu le succès escompté. L'objectif du présent article est de tirer les enseignements de la mise en œuvre de l'irrigation par aspersion et d'interroger son avenir au Maroc dans un contexte de reconversion vers le goutte-à-goutte. Le travail a été mené en croisant une analyse des professionnels quant à la mise en œuvre de l'irrigation par aspersion au Maroc depuis la fin des années 1960, avec des observations de terrain dans le secteur C3 du périmètre du Gharb, concerné par un projet collectif de reconversion de l'aspersion vers le localisé. Les principales difficultés rencontrées dans la mise en œuvre et la conduite de l'irrigation par aspersion au Maroc concernent: (i) les choix techniques lors de la conception des projets, en particulier l'utilisation collective du matériel mobile d'irrigation (MMI); (ii) le dysfonctionnement du réseau en raison des difficultés de mise en œuvre de l'irrigation à la demande; (iii) la facturation collective forfaitaire et l'endettement des agriculteurs en raison d'absence de compteurs individuels; (iv) le coût élevé de l'énergie; (v) le morcellement continu des parcelles agricoles, même après le remembrement; et (vi) la faible valorisation de l'eau. Face à ces problèmes, les Offices ainsi que les agriculteurs ont introduit un certain nombre d'ajustements, par exemple en individualisant le MMI et en renouvelant les bornes d'irrigation. Dans le secteur C3, le nouveau projet de reconversion vers le goutte-à-goutte a permis d'apporter d'autres solutions, en particulier en individualisant les prises individuelles et en introduisant les compteurs permettant une facturation personnalisée. Paradoxalement, bien qu'exprimant leur satisfaction pour la résolution de ces problèmes, les agriculteurs continuent à utiliser l'aspersion, en particulier pour les grandes cultures, tout en expérimentant le goutte à goutte. L'expérience de l'irrigation par aspersion montre ainsi l'importance d'une période d'ajustement pour que les utilisateurs et les techniciens puissent progressivement améliorer la conception et l'utilisation de la technique afin de répondre au mieux aux exigences des utilisateurs et aux objectifs d'efficacités technique et agro-économique. La mise en place du goutte-à-goutte dans les périmètres de grande hydraulique pourra s'inspirer de cette expérience pour réussir sa mise en place, en capitalisant sur 50 ans d'expérience de l'irrigation par aspersion.

Mots clés: irrigation, aspersion, modernisation, goutte-à-goutte, Gharb.

Sprinkler irrigation experience in the large irrigation districts of Morocco

Abstract

In the early 1970s, Morocco introduced sprinkler irrigation to speed up the pace of irrigation development, improve its efficiency, and facilitate it for farmers. Installed on 151700 ha, mainly in large-scale irrigation schemes, sprinkler irrigation has not had the expected success. The objective of this article is to learn lessons from the implementation of sprinkler irrigation and to question its future in Morocco in the context of conversion to drip irrigation. The study was carried out by analyzing debates of professionals regarding the implementation of sprinkler irrigation in Morocco since the end of the 1960s, linked with field observations on recent developments in the C3 irrigation district of the Gharb large-scale irrigation scheme. This district is in the process of being converted from sprinkler to drip irrigation. The study showed that the main difficulties encountered in the implementation and management of sprinkler irrigation in Morocco concern: (i) technical design choices, in particular, the collective use of mobile irrigation equipment (MIE); (ii) the dysfunction of the network due to implementing irrigation on demand; (iii) flat-rate collective billing and farmers' debts due to the lack of individual water meters; (iv) the high cost of energy; (v) the continuous fragmentation of agricultural farms, even after land consolidation; and (vi) low water productivity. Faced with these problems, the irrigation authority, as well as the farmers, have introduced a great number of adjustments, for example by individualizing the MIE and by renewing hydrants. In the C3 district, the new drip irrigation project has provided further solutions, in particular by individualizing the outlets and by introducing water meters allowing personalized invoicing. While expressing their satisfaction for the resolution of these problems, farmers continue to use sprinkler irrigation, especially for field crops, while experimenting drip irrigation. The experience of sprinkler irrigation thus shows the importance of an adjustment period so that users and technicians can gradually improve the design and use of the technique to meet user requirements, irrigation efficiency and agro-economic productivity. The implementation of drip irrigation in large-scale irrigation schemes can be inspired by the incremental improvement of sprinkler irrigation, by capitalizing on 50 years of experience in sprinkler irrigation.

Keywords: irrigation, sprinkler irrigation, modernization, drip irrigation, Gharb.

INTRODUCTION

Le choix de la technique d'irrigation à privilégier dans les grands périmètres irrigués du Maroc a fait l'objet de très importants débats depuis les années 1960. Au départ, le Maroc avait fait le choix délibéré d'adopter l'irrigation gravitaire dans les grands périmètres irrigués, consommatrice en main d'œuvre mais requérant peu de capitaux, évitant ainsi d'importer des équipements coûteux de l'étranger (Chraïbi, 1970). Par la suite, vers la fin des années 1970, le Maroc a introduit l'irrigation par aspersion dans le but

d'accélérer le rythme de l'extension de l'irrigation et de réduire les décalages entre les superficies dominées par les barrages et les superficies équipées. L'objectif ultime était d'atteindre dans les plus brefs délais l'autosuffisance du pays pour certains produits alimentaires de base, spécialement le sucre (Aït Kadi, 1984).

L'introduction de l'aspersion a également été justifiée par le fait qu'on reprochait à l'irrigation gravitaire d'être longue à mettre en place du fait des travaux de nivellement, de faire obstacle à la mécanisation agricole, notamment pour

¹ Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

² CIRAD, Montpellier, France

la récolte de la canne à sucre, de gaspiller l'eau et d'avoir une faible efficacité (Pascon, 1978). Dès lors, une place de choix a été réservée à l'aspersion dans les programmes d'irrigation pour tous les secteurs qui ont été équipés à cette période, même ceux qui sur le plan pédologique devraient être irrigués gravitairement (Jouve, 1972). Ainsi, la superficie équipée en aspersion a atteint 151 700 ha au début des années 2000, dont 130 000 ha en grande hydraulique (FAO, 2016). À l'échelle mondiale, l'irrigation par aspersion en 2012 concernait 11 % de la superficie irriguée (environ 35 million d'hectares irrigués) selon les chiffres de la FAO.

Cependant, l'irrigation par aspersion a connu beaucoup de difficultés dans la façon dont elle a été conçue et mise en œuvre au Maroc, et ce pour plusieurs raisons (Abdellaoui, 1979; Jellouli, 1980; Bouhamidi, 1982):

- Elle est très consommatrice en énergie car elle exige une pression élevée (3,5 bars au niveau des asperseurs);
- Elle n'est pas adaptée à certains types de sols (notamment les sols battants);
- Elle est plus coûteuse en investissement et en entretien/maintenance que le gravitaire;
- Elle s'est avérée très consommatrice d'eau en raison d'une facturation au prorata de la superficie irriguée, faute d'absence de suivi individuel des consommations en eau (dégradation des compteurs des bornes), avec parfois une consommation par hectare dépassant celle des secteurs gravitaires pour les mêmes cultures;
- L'utilisation collective du matériel mobile d'irrigation (rampes, asperseurs, ...) a posé des problèmes de coordination entre agriculteurs;
- L'endettement des agriculteurs en raison de la faible valorisation de l'eau et du prix élevé du m³ d'eau.

Tout au long de l'histoire, les Offices et les agriculteurs ont tenté de remédier à ces problèmes. Ces tentatives ont pu régler certaines contraintes mais sans résoudre les problèmes de fonds qui nécessitaient une intervention structurelle (facturation, morcellement continu du foncier agricole, consommation énergétique, etc.). Avec le temps, les pouvoirs publics se sont résignés à maintenir fonctionnelles les installations de l'aspersion. La recherche s'est également progressivement désintéressée de l'amélioration de la conception et de l'utilisation de l'aspersion. Ce désintérêt est concomitant d'un intérêt croissant pour la technique de l'irrigation localisée de la part de la communauté des ingénieurs et de la recherche au Maroc. Face à une demande en eau de plus en plus croissante, associée à une offre en eau menacée par la réduction des apports en eau, l'État marocain a adopté le Plan National d'Économie d'Eau en Irrigation (PNEEI) en 2008. Ce dernier vise à assurer la durabilité des systèmes irrigués existants à travers l'amélioration de l'efficacité technique et productive de l'eau en optimisant l'utilisation des ressources en eau et en améliorant la productivité de l'agriculture (El Gueddari, 2004). Le PNEEI s'est focalisé sur la promotion de la technologie du goutte-à-goutte, censée augmenter les productions et assurer une distribution uniforme de l'eau avec une efficacité d'irrigation élevée.

Cependant, nous avons constaté sur le terrain que les agriculteurs montrent un grand attachement à l'aspersion qu'ils continuent à utiliser, même après la reconversion vers le goutte-à-goutte. Des questions se posent alors sur

la manière dont il faut développer la technique de l'aspersion tout en optimisant sa conception et son utilisation, et sur la manière dont il faut conduire la mise en place du goutte-à-goutte.

L'objectif de cet article est de capitaliser sur les enseignements tirés de la mise en œuvre de l'aspersion sur une longue période et d'interroger l'avenir de cette technique d'irrigation pour le Maroc, ceci en prenant le cas du périmètre du Gharb comme terrain d'observation.

L'étude a été menée en analysant les articles documentant les débats aussi bien au niveau national qu'international quant à la mise en œuvre de l'irrigation par aspersion depuis la fin des années 1960. Une grande partie des articles est parue dans la revue marocaine des sciences agronomiques et vétérinaires *Hommes, Terre & Eaux*, qui est une plateforme de discussion entre professionnels et la recherche agronomique. La compréhension de ces débats a été complétée par des observations de terrain, des entretiens avec les agents de l'ORMVA du Gharb, ainsi par des enquêtes auprès des agriculteurs dans le secteur C3 (2018-2019), aménagé en aspersion et concerné par le PNEEI pour une reconversion collective vers le goutte à goutte.

Après une présentation de cas d'étude (périmètre du Gharb avec un focus sur le secteur aspersion C3), l'article présentera une analyse historique de la mise en œuvre de l'aspersion au Maroc, puis retracera les différents problèmes rencontrés par l'aspersion pour discuter ensuite les différentes solutions trouvées par les techniciens et les agriculteurs face à ces problèmes, et terminera par traiter les apports du projet de reconversion à l'irrigation localisée qui ont aidé à dépasser certains problèmes de conception et d'utilisation de l'aspersion.

L'ASPERSION DANS LE PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ DU GHARB

Le périmètre du Gharb est l'un des plus importants périmètres aménagés en grande hydraulique au Maroc avec une superficie agricole utile estimée à 388 000 ha. D'après le projet Sebou, le potentiel aménageable en grande hydraulique est d'environ 225 000 ha dont 114 000 ha sont équipés à ce jour. Elle est répartie sur cinq ensembles: le périmètre du Beht (29 000 ha), totalement équipé pour l'irrigation gravitaire; la Première Tranche d'Irrigation (PTI) de 36000 ha, équipée pour l'irrigation gravitaire, sauf le secteur P7 (2 600 ha) irrigué par aspersion; la Seconde Tranche d'Irrigation (STI) de 37 000 ha; la Troisième Tranche d'Irrigation (TTI) de 9338 ha et le périmètre de Mograne sur 2000 ha. L'ensemble du périmètre est desservi par différents systèmes d'irrigation, à savoir: le gravitaire (79 000 ha), l'irrigation par aspersion, en cours de reconversion (20 000 ha), la submersion (12 000 ha) et la basse pression avec irrigation gravitaire à la parcelle (3 000 ha). Il est à noter qu'il existe également environ 54 000 ha de pompage privé (ORMVAG, 2018). Les secteurs collectifs de l'aspersion du périmètre du Gharb sont hydrauliquement indépendants, pour des considérations de consommation d'énergie électrique, et couvrent environ 3000 ha chacun. La plupart des secteurs aspersionnels sont en cours de reconversion vers le goutte-à-goutte (Figure 1).

Schéma d'aménagement du secteur C3 avant la reconversion

Le secteur d'irrigation sujet de cette étude est le secteur C3 du périmètre du Gharb (Figure 1). Il s'étend sur une superficie de 3 759 ha avec une superficie agricole utile de 3 443 ha. Officiellement, il y a 1200 agriculteurs présents dans le secteur, disposant d'un code d'exploitation auprès de l'Office, mais ce nombre est sous-estimé à cause du partage informel de la terre entre héritiers, qui désignent généralement un représentant (moul kode). Le C3 fait partie de la Seconde Tranche d'Irrigation du Gharb. Il est le deuxième secteur équipé en aspersion après le secteur P7, sa mise en eau a démarré en avril 1984.

L'eau d'irrigation du secteur C3 prend pour origine l'Oued Sebou. L'eau est pompée vers le canal de transport par la station de pompage SPC3. Le transport de l'eau depuis la station SPC3 jusqu'à la prise d'eau de la station de mise en pression du secteur d'irrigation C3 (SMPC3) est assuré par un canal de dérivation de 2 km de longueur avec une section trapézoïdale avec écoulement à surface libre. La station de pompage SMPC3 est dimensionnée pour un débit de 2730 l/s. Un réservoir élevé assurait la régulation de l'eau en stockant le surplus de débit et le libérait en cas de demande.

La trame adaptée lors de l'aménagement initial est la trame B dans laquelle les propriétés sont recasées sur un bloc de 3 soles. Les dimensions de la sole ont été prises égales à un multiple de l'écartement des asperseurs 18*18. Les deux soles irriguées par une même borne d'irrigation constituent un îlot d'irrigation.

L'irrigation se fait suivant le système de quadrillage moyennant le matériel mobile d'irrigation suivant une antenne sur l'axe longitudinal et une rampe suivant le sens des canaux dans le sens transversal.

Schéma d'aménagement du secteur C3 après la mise en place du projet de reconversion vers le goutte-à-goutte

Lors de la conception du projet de reconversion vers le goutte-à-goutte, le schéma général du réseau en place a été maintenue en ne faisant aucune modification dans les diamètres des conduites existantes. Cependant, un certain nombre d'améliorations ont été apportées à la station de pompage, tout en introduisant une station de filtration:

- Renouvellement des 6 groupes motopompes (6 x 455 l/s) en y intégrant des variateurs de vitesse;
- Renouvellement de la conduite de refoulement;
- Réalisation d'une station de filtration;
- Installation de ballons de régulation (4 x 40 m³);
- Installation d'un débitmètre au niveau de la station de pompage.

L'équipement externe, pris en charge par l'ORMVAG, a démarré en 2011, et a été achevé en 2014. L'équipement interne, à la parcelle, a été pris en charge par l'Association des Usagers de l'Eau Agricole, regroupant l'ensemble des producteurs officiels, avec une subvention de l'État de 100% dans le cadre du FDA, non encore achevé fin 2019 avec un accompagnement de la part de l'Office (Figure 2).

HISTORIQUE DE L'IRRIGATION PAR ASPERSION AU MAROC

Les prémices de l'aspersion au Maroc

Depuis le 1er plan quinquennal adopté en 1960, les pouvoirs publics ont privilégié la technique d'irrigation gravitaire. Celle-ci était adoptée car forte utilisatrice en main d'œuvre et faible utilisatrice en capital dans un contexte d'abondance de main d'œuvre et de manque de devises (Chraïbi, 1970).

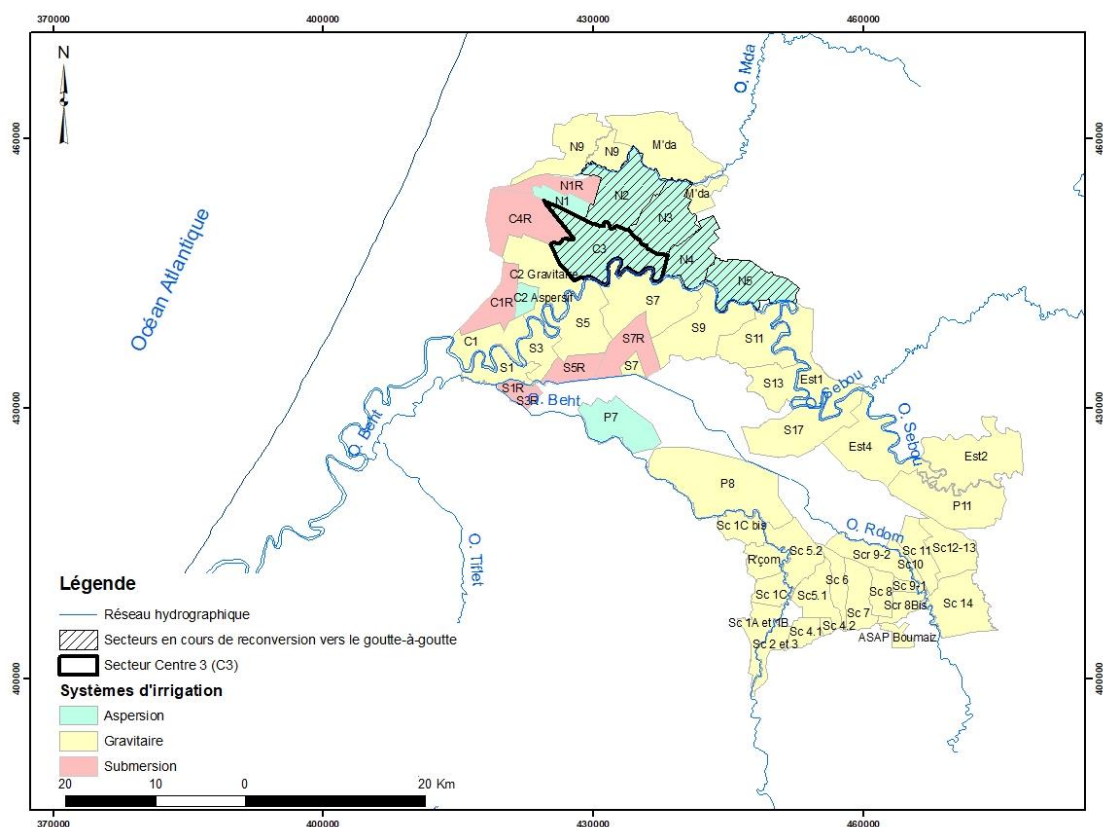


Figure 1: Carte des secteurs équipés dans le périmètre du Gharb (réalisée par l'auteur principal)

L'irrigation par aspersion qui a des caractéristiques opposées (matériel en quasi-totalité importé faute de capacité de le produire localement, moins exigeante en main d'œuvre) se trouve écartée d'emblée et l'irrigation gravitaire quasiment imposée indépendamment de toute considération contextuelle.

D'après Aït Kadi (1984), l'expérience marocaine de l'utilisation de l'aspersion était relativement limitée. Jusqu'en 1970, moins de 2000 ha (sur 200 000 ha équipés) étaient équipés en aspersion par l'État dans les grands périmètres. Une première expérience concernait le secteur de «haut service» de Timoulilt dans le périmètre du Tadla, desservi par pompage à partir du canal D (800 ha) (Massoni et Missante, 1967). L'expérience a été peu à peu abandonnée et le secteur a été reconverti, en 1972, à l'irrigation gravitaire (Aït Kadi, 1984). En revanche, l'autre expérience dans le casier de Boulaouane dans les Doukkala (1100 ha), équipé en aspersion entre 1968 et 1970, a rencontré plus de succès. Dans une analyse comparative entre ce casier aspersion et des casiers gravitaires, Hamidou (1982) estime l'aspersion intéressante pour les agriculteurs, qui l'adoptent rapidement car i) elle nécessite moins de technicité et moins de main d'œuvre que le gravitaire (et notamment le système de robta), et ii) elle permet une intensification de la mise en valeur plus intéressante (140% contre 100%). En revanche, il met en garde contre le coût d'investissement plus élevé, et surtout les frais d'énergie qui étaient déjà en hausse à l'époque et que l'ORMVAD ne répercutait que partiellement sur le prix de l'eau.

L'essor de l'aspersion au Maroc à partir du milieu des années 1970

L'engouement pour l'aspersion au Maroc a commencé en 1973 avec l'équipement de 18000 ha du Massa (Figure 3). Cependant, il était davantage un choix par défaut, puisque le gravitaire n'était techniquement pas possible (sols légers, microreliefs, ...) selon un rapport du ministère (MARA, 1975). Néanmoins, à partir de 1975, l'aspersion s'est substituée au gravitaire pour la majorité des projets, en particulier pour accompagner le développement de la culture de canne à sucre (Aït Kadi, 1984), même pour les secteurs qui sur le plan pédologique étaient préconisés d'être irrigués gravitairement. L'idée était de résorber le retard d'équipement

dans les grands périmètres (Jouve, 1972). En effet, l'objectif à l'époque était de réduire les décalages d'une part entre les superficies dominées par les barrages et les superficies équipées et d'autre part entre les superficies équipées et les superficies mises en valeur (Aït Kadi, 1984).

Les raisons avancées pour l'introduction de cette technique étaient multiples, notamment le fait que l'irrigation gravitaire (dans la façon qu'elle était conçue et pratiquée): i) avait une faible efficacité en raison des difficultés de gestion, ii) était longue à mettre en place, iii) rendait la mécanisation agricole difficile à s'opérer et iv) engendrait des pertes de terrain (5% d'une parcelle occupée par le dispositif d'irrigation) résultant de l'adoption de l'irrigation à la robta. Cependant, même si les partisans de l'aspersion avaient gagné du terrain, le débat avec les partisans du gravitaire continuait à l'époque (Pascon, 1978).

Adoption de l'aspersion par nécessité dans le périmètre du Gharb

L'irrigation par aspersion dans le périmètre du Gharb a été introduite en juin 1977. L'expérience a débuté dans le secteur P7 sur une surface de 2600 ha, alors que l'aménagement était initialement prévu, et le secteur avait été remembré, pour le gravitaire (Bouhamidi, 1980). L'adoption de l'aspersion pour le secteur P7 servait ainsi d'expérimentation du système d'irrigation avant son adoption à grande échelle au niveau de la STI du Gharb. Deux principales raisons ont joué en faveur de son adoption.

Premièrement, il s'agissait d'accélérer le rythme de l'équipement des périmètres irrigués. En vue d'atteindre l'auto-suffisance du pays en produits de base, en particulier le sucre et le lait, il a été jugé nécessaire d'accélérer le rythme d'équipement hydro-agricole des périmètres irrigués. Le programme sucrier avait prévu d'aménager 100 000 ha en canne à sucre dans le périmètre du Gharb, avec une cadence annuelle de 20 000 ha (Jellouli, 1980). Or, les concepteurs de ces périmètres avaient bien saisi que ce rythme d'aménagement ne pouvait être atteint par la création de secteurs en gravitaire (Aït Kadi, 1984).

Deuxièmement, avec le développement de l'irrigation, l'État avait pensé à la mécanisation de la récolte. Avec l'augmentation des superficies emblavées en canne à sucre, les besoins de main d'œuvre pour la récolte étaient impor-

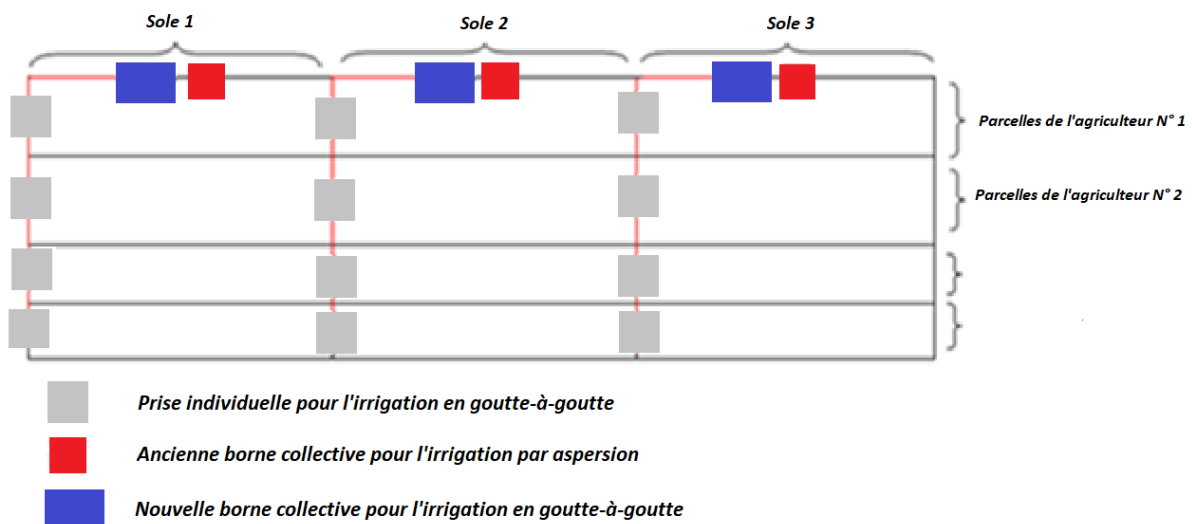


Figure 2: Schéma d'aménagement des blocs d'irrigation dans le cadre de la reconversion du goutte-à-goutte

tants. Le manque de main d'œuvre, nécessaire à la récolte, devait se faire sentir et impacter ainsi le coût de la récolte manuelle qui risquait d'augmenter considérablement. Ce facteur a joué en faveur de la récolte mécanique en la rendant plus concurrentielle (Jellouli, 1980). Pour rendre la récolte mécanique opérables dans des conditions optimales, les parcelles de canne devaient être aménagées en ayant une longueur minimale de 250 m avec des dégagements aux extrémités pour les manœuvres des machines (Jellouli, 1980). Cependant, pour l'irrigation gravitaire, les soles ont des longueurs maximales de 500 m et des largeurs de 150 m, ce qui rend moins rentables les opérations de mécanisation des travaux agricoles et particulièrement la récolte de la canne à sucre (Bouhamidi, 1980), plaidant ainsi en la faveur de l'aménagement en aspersion. Cependant, force est de constater qu'encore aujourd'hui, la canne à sucre est récoltée manuellement dans la plupart des cas. Des travaux ultérieurs ont aussi montré la possibilité d'avoir une irrigation gravitaire à la raie longue, qui a aussi l'avantage d'évacuer les excès d'eau de surface pendant l'hiver (Taky, 2008), mais cette technique n'a pas été retenue dans le Gharb.

D'autres raisons, notamment les défaillances constatées dans les secteurs gravitaires, ont encouragé l'adoption de l'aspersion. L'irrigation gravitaire, telle que mise en œuvre dans les grands périmètres, exigeait un entretien fréquent du nivellement, en faisant intervenir des engins et une coordination entre agriculteurs. Bien souvent, les agriculteurs revenaient à la technique de la robta, c'est à dire la création de petits bassins billonnés, irrigués «par remplissage jusqu'à mi-hauteur ou plus des billons» (Mathieu et Ruellan, 1987). Cela entraînait la dégradation rapide du nivellement (Aït Kadi, 1984) et des aménagements internes des parcelles (Lahlou, 1978). Enfin, on constatait des fuites d'eau, entraînées par la mauvaise utilisation du réseau gravitaire rendant difficile l'accès aux parcelles et d'évacuation des productions agricoles (Lahlou, 1978). Cependant, il est évident que dans un contexte d'excès d'eau hivernale, la question du nivellement ne concerne pas seulement l'irrigation gravitaire, mais toute autre technique d'irrigation, y compris l'aspersion et le goutte-à-goutte, ce qui peut nuancer les constats de l'époque (Taky, 2008).

L'aspersion trouvait ainsi sa justification dans tous ces éléments et fut adoubée comme étant la plus adaptée au nouveau contexte. Dès lors, une place de choix lui fut faite à l'aspersion dans les programmes d'irrigation. Ainsi, dans le Gharb l'aspersion qui ne représentait que 7 % de la SAU dans la PTI est passée au niveau de la STI à 79 % de la SAU. Pour la TTI, il était même prévu de passer à 90 % de la SAU (Marouki, 1988).

La remise en cause de l'aspersion et le retour vers le gravitaire

L'irrigation par aspersion n'a pas échappé aux controverses depuis son introduction. Berrady (1987) a rapporté que des études d'évaluation (1981 à 1983) ont montré qu'à l'épreuve du terrain l'aspersion rencontrait plusieurs problèmes et a conclu à la nécessité de réviser l'adoption systématique de l'irrigation par aspersion. Les arguments évoqués peuvent être scindés en cinq points majeurs:

- Le rythme d'équipement prévu, de l'ordre de 20 000 ha par an, n'a jamais été atteint. Le rythme réel variait entre 3000 et 4000 ha par an aussi bien pour l'aspersion que pour le gravitaire, ce qui rendait les deux techniques similaires sur ce point (Berrady, 1987).

- Le coût de l'équipement par hectare en aspersion était 37% plus chère qu'en gravitaire et entraînait un coût supplémentaire en devises étrangères (Berrady, 1987). De plus, le coût énergétique de pompage devenait de plus en plus lourd à porter pour les ORMVAs, qui n'arrivaient pas à répercuter de coût aux usagers, surtout après la hausse des prix du pétrole (PNEEI, 2007).

- La mécanisation de la récolte de la canne à sucre a été critiquée par les ingénieurs. Certains ont estimé que la récolte mécanique est beaucoup plus chère que la récolte manuelle, et que cette dernière devait être favorisée vu le chômage que connaissait le monde rural (Berrady, 1987). Dans un autre registre, d'autres ingénieurs ont argumenté qu'il est possible de réaliser des raies de 250 m de longueur, en irrigation gravitaire, pour des sols lourds tels que ceux du Gharb, ce qui rendait l'irrigation gravitaire compatible avec la mécanisation (Marouki, 1988). La mise en place de raies de 250 m a été d'ailleurs expérimenté au niveau de la station expérimentale de Souk Tlet. Les performances

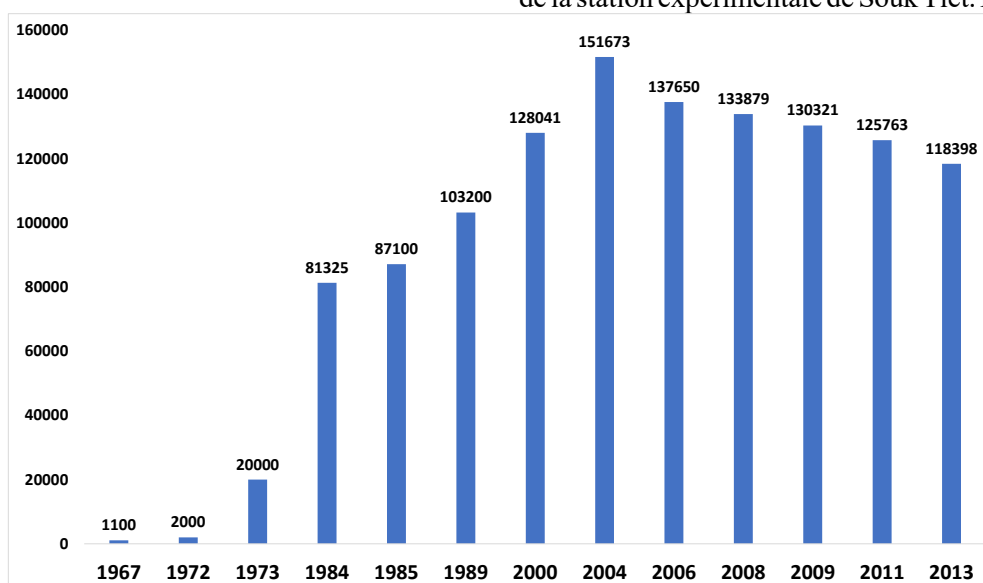


Figure 3: Évolution de la superficie équipée pour l'irrigation par aspersion (ha) (1967 - 2019). Les données ont été obtenues à partir des sources différentes:

1967 (Massoni et Missante, 1967) ; 1972 (Aït Kadi, 1984) ; 1973 (MARA, 1975) ; 1984 (Aït Kadi, 1984) ; 1985 (FAO, 2016) ; 1989 (ANAFID, 1990) ; 2000 (AGR, 2000) ; 2004 (FAO, 2016) ; 2006 (PNEEI, 2007) ; 2008 (données de la DIAEA en 2019) ; 2009 (MAPM, 2011) ; 2011 (FAO, 2016) ; 2013 (données de la DIAEA en 2019) ; 2015 (DIAEA, 2019).

de l'irrigation à la parcelle dépassaient alors les 70% tel qu'elles étaient préconisées dans les études du gravitaire préalable à l'aménagement des secteurs (Taky, 2008).

- L'économie d'eau présumée de l'irrigation par aspersion ne s'est pas traduit dans une économie d'eau sur le terrain. Les quantités consommées au niveau de certains secteurs aspersifs étaient comparables, voire même supérieures, à celles enregistrées pour les secteurs gravitaires (Jellouli, 1980).

- Finalement, les sols de la plaine du Gharb sont des sols ayant des capacités de rétention élevées, pour lesquels l'irrigation gravitaire serait plus adaptée (Jellouli, 1980). Toutefois, une grande partie des sols du Gharb sont fissurant et l'aspersion s'est avéré un très bon moyen pour lutter contre les fentes de retrait où il y a beaucoup de pertes pour le remplissage de ces fentes impossible à maîtriser sur le terrain (Taky, 2008).

Les partisans du gravitaire se sont appuyés sur ces cinq arguments, mais ont aussi évoqué d'autres d'éléments contextuels pour plaider le retour à l'irrigation gravitaire: l'abondance de l'eau dans la plaine, la topographie très plane des terrains et la présence de sols lourds argileux nécessitant la mise en place d'un réseau de drainage. C'est ainsi que les secteurs Nord 6 (N6) et Nord 7 (N7) de la STI étudiés initialement pour un aménagement en aspersion, dont les superficies respectives sont 2635 ha et 2799 ha, ont été aménagés finalement en gravitaire et constituent aujourd'hui ce qu'on appelle le secteur Mda de la STI Nord. L'ORMVAG a ensuite modifié le système d'aménagement de la TTI, en optant pour l'irrigation gravitaire sauf pour les zones sableuses. Ainsi, il a été prévu que 74 % de la superficie de la TTI allait être aménagée en gravitaire contre 10 % proposée auparavant (Marouki, 1988).

Améliorations de l'aspersion dans le cadre du PAGI 1 et PAGI 2

Dans le cadre du programme d'ajustement sectoriel, visant principalement le désengagement de l'État «des activités directes de production ou de commercialisation» (Bouaam, 1999), deux Programmes d'Amélioration de la Grande Irrigation (PAGI) ont été lancés à la fin des années 80: le PAGI 1 (1987-1993; pour un montant total de 92,5 millions de \$US) et le PAGI 2 (1993-2000; 186 million de \$US) dans le cadre du Plan National de l'Irrigation (PNI). Dans un contexte de réforme institutionnelle (autonomie financière des ORMVAs, réduction du financement de l'État et augmentation du taux de recouvrement des redevances, mise en place des Associations d'Usagers de l'Eau Agricole), il s'agissait de réhabiliter et moderniser des infrastructures existantes tout en améliorant les conditions d'exploitation et de maintenance. Ceci pour assurer un service de l'eau dans les meilleures conditions techniques et économiques.

Les secteurs aspersifs du Gharb ont aussi bénéficié, dans le cadre de ces deux programmes, d'une réhabilitation des infrastructures d'irrigation. Cette réhabilitation a consisté en le remplacement des bornes compactes existantes, qui posaient beaucoup de problèmes pour l'exploitation, l'entretien et la maintenance, par des bornes à organes indépendants constituées des éléments suivants: vanne de sectionnement, compteur, limiteur de débit et régulateur de pression pour faciliter les opérations d'entretien pour chacun de ces organes. En effet, en cas de panne de la borne compacte, il fallait procéder au démontage de la borne en entier pour chaque opération de maintenance. Ainsi, le nombre de bornes du secteur C3 est passé de 173 à 315.

Mise en œuvre d'un programme centré sur la mise en place du goutte-à-goutte

A partir de 2004, il y a une diminution des superficies en irrigation par aspersion en grande hydraulique (Figure 4). Suite au désintéressement des pouvoirs publics et de la recherche pour cette technique d'irrigation, le PNEEI a privilégié la mise en place du goutte-à-goutte à travers un système de subvention, même si officiellement l'irrigation par aspersion et par pivot étaient éligibles dans ce programme. Il y a eu l'équipement de 44 500 ha en goutte-à-goutte de 2002 à 2006 (en équipements individuels) au Maroc (PNEEI, 2007). Le taux de subvention a été revu à la hausse en 2006 (taux de subvention de 60% du coût d'investissement) en plus de l'amélioration des conditions d'octroi des subventions. En 2010, le taux de subvention a été de nouveau augmenté à 80 % pour des superficies supérieures à 5 ha, et à 100 % pour des superficies inférieures à 5 ha ou pour des exploitations relevant de projets collectifs de reconversion. La figure 6 montre la forte progression de la superficie en goutte-à-goutte, aux dépens des superficies équipées en aspersion et surtout en gravitaire. Cependant, il est à souligner que l'irrigation gravitaire reste la technique la plus répandue au Maroc (67 % de la superficie irriguée en 2013).

Les superficies équipées pour l'aspersion ont diminué de 33 275 ha (de 2004 à 2013), particulièrement avec la mise en œuvre du PNEEI à partir de 2008. Il a été considéré plus favorable de commencer la conversion à l'irrigation localisée par les réseaux sous-pression existants, même si des secteurs gravitaires étaient également concernés (PNEEI, 2007). A titre d'exemple, pour le périmètre du Gharb, la reconversion avait déjà démarré en 2004 sur des terres des Coopératives de la Réforme Agraire, sur une superficie de 437 ha au niveau du secteur N1 d'une superficie totale de 1158 ha. Par la suite, l'Office a achevé en 2014 une première tranche en grande hydraulique, lancée en 2010, des travaux d'équipement externes sur environ 9822 ha dans les secteurs Nord 5 (2106 ha), Centre 3 (3759 ha) et le Nord 2 (1192 ha) de la Seconde Tranche d'Irrigation (STI) du Gharb.

La reconversion des secteurs aspersifs vers le goutte-à-goutte s'est présentée pour l'Office comme une opportunité pour résoudre certains problèmes dont souffrait l'aspersion, notamment la modernisation des stations de mises en pression et de l'ensemble des équipements hydromécaniques et électriques. Ces stations présentaient un stade de vétusté très avancé et connaissaient des problèmes opérationnels (ORMVAG, 2012). Par exemple, dans un contexte d'assolements libres, l'installation des variateurs de vitesse permettaient de répondre désormais à des demandes en eau plus faibles lors du démarrage de la campagne.

LES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES DANS LA MISE EN ŒUVRE DE L'ASPERSION

L'irrigation par aspersion dans le périmètre du Gharb, comme pour les autres périmètres aspersifs, s'est heurtée à plusieurs contraintes qui ont entravé sa mise en œuvre. Nous allons développer dans ce qui suit: (i) le choix des options de conception technique des projets d'aspersion, en particulier l'utilisation collective du matériel mobile d'irrigation (MMI), (ii) le dysfonctionnement du réseau à l'échelle des secteurs d'irrigation après la libéralisation des assolements, (iii) la facturation collective au prorata des surfaces irriguées suite à la dégradation des compteurs

des bornes, qui a conduit à l'endettement des agriculteurs et parfois leur retour à l'agriculture pluviale, (iv) le coût énergétique élevé, aggravé par les faibles rendements des stations de pompage, et (v) la structure foncière avec le morcellement continu des parcelles.

Matériel mobile d'irrigation (MMI)

Lors de l'équipement des systèmes aspersionnels, l'État prenait en charge aussi bien l'équipement interne (le MMI) que l'équipement externe (de la station de pompage jusqu'à la borne collective), pour lequel l'ORMVA s'occupait de la gestion, de l'entretien et de la maintenance conformément au Code des Investissements Agricoles de 1969. Cependant, et selon les prérogatives du même code, l'entretien des équipements internes et le renouvellement du MMI étaient laissés à la charge des agriculteurs. Le MMI est constitué d'un ensemble de conduites en aluminium servant d'antenne, des rampes et des asperseurs installés sur des traîneaux ou des trépieds. Les antennes principales sont connectées aux bornes collectives d'irrigation pour desservir toutes les parcelles d'un même bloc d'irrigation (fig. 3). Elles sont le plus souvent partagées entre les exploitants d'un même bloc au prorata de la largeur de leurs parcelles en trame B. Les rampes, les asperseurs et les traîneaux sont gérés individuellement. Cependant, pour les petites exploitations, ce matériel est commun entre plusieurs agriculteurs (ORMVAG, 2012).

Le MMI, et en particulier sa partie qui était en commun entre plusieurs utilisateurs, a été à l'origine d'un grand nombre de problèmes rencontrés dans les secteurs aspersionnels (Aït Kadi, 1984). Dans une analyse détaillée au début du processus d'équipement Abdellaoui (1979) fait état de ces problèmes qui ont surgi avant même la réception du MMI par les agriculteurs. En effet, ceux-ci ne se pressaient pas pour récupérer le matériel, «si bien que l'Administration doit 'chercher' les agriculteurs concernés» à qui on n'avait pas demandé leur avis sur la technique d'irrigation à mettre en place (Essafi et Zizi, 1984).

Par la suite, de nombreuses difficultés ont surgi dans l'utilisation du MMI, en particulier pour la partie commune du matériel. Abdellaoui (1979) liste cinq problèmes principaux. Premièrement, l'organisation collective de l'irriga-

tion a posé de nombreux problèmes. Un agriculteur situé à l'aval de la sole trouve des difficultés à irriguer sa parcelle si les autres agriculteurs relevant de la même sole n'ont pas mis à sa disposition le matériel mobile d'irrigation qu'ils détiennent (absence, conflits). Dès le début, les agriculteurs ont exprimé d'ailleurs leur «désir d'individualisation du matériel» (Abdellaoui, 1979). Cette situation s'est aggravée avec la libéralisation des assolements puisque les cultures installées diffèrent d'un agriculteur à un autre et de ce fait, les périodes d'irrigation ne coïncident plus. En plus, pendant la récolte (céréales, betterave à sucre, etc.), l'agriculteur refuse de mettre en place le bout d'antenne dont il dispose, entravant l'irrigation de ses voisins à partir de la borne de peur qu'ils inondent sa parcelle. En effet, ceci pourrait contraindre l'accès des récolteuses et des camions pour l'évacuation de sa production (ORMVAG, 2012).

Deuxièmement, s'ajoute à cela le fait que le matériel dont disposaient les agriculteurs n'était pas adapté aux nouvelles cultures pour l'assolement cannier, notamment les asperseurs qui sont montés sur des trépieds (3 m de hauteur) mal adaptés aux cultures de basse taille dominantes après la libéralisation (PAGI 2, 1996).

Troisièmement, les agriculteurs, résidant loin de leurs parcelles et souvent occupés à travailler ailleurs, ne respectaient pas la durée des postes d'irrigation, entraînant des situations de sur-irrigation (ORMVAG, 2012).

Quatrièmement, les agriculteurs bloquaient les clapets pour irriguer gravitairement puisque l'aspersion était considérée comme une «technique trop lente» (Abdellaoui, 1979).

Enfin, il y avait une détérioration très rapide du matériel et donc des fuites par manque d'entretien ou à cause de la casse accidentelle et du vandalisme voire même le vol du matériel (PAGI 2, 1996).

Des équipements externes vétustes et inadaptés après la libéralisation des assolements

Des essais d'évaluation des performances des réseaux d'irrigation ont été réalisés, dans le cadre du PAGI 2 en 1996, sur presque tous les périmètres irrigués par aspersion du Gharb. Ils ont relevé plusieurs dysfonctionnements concernant principalement les appareillages hydroméca-

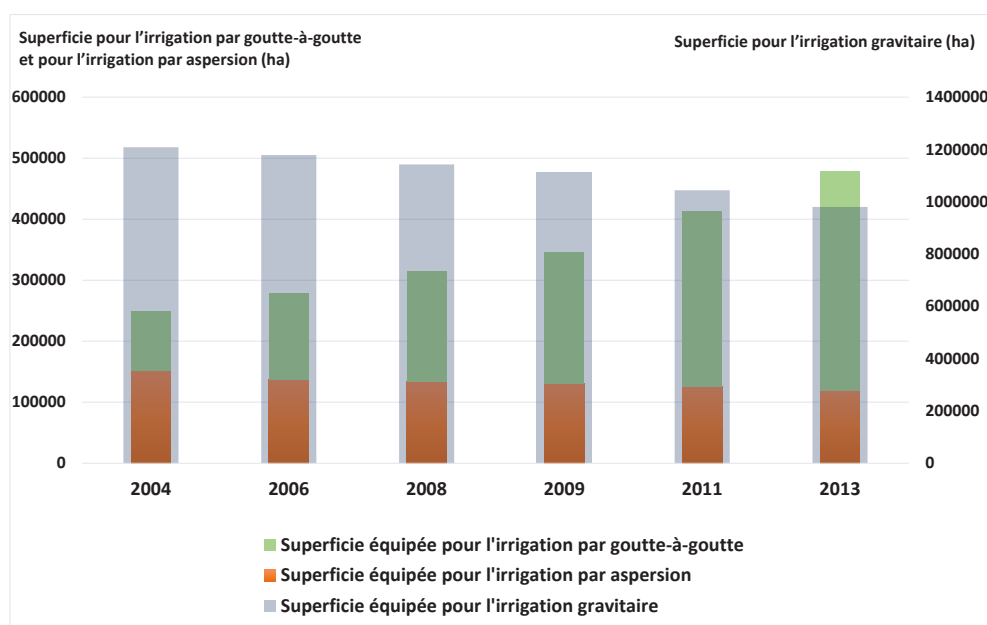


Figure 4: Évolution des superficies équipées pour l'irrigation au Maroc (ha)

(Source : 2004 et 2011 (FAO, 2016) ; 2006 (PNEEI ; 2007) ; 2008 et 2013 (données de la DIAEA en 2019) ; 2009 (MAPM, 2011))

niques: la détérioration des organes des bornes (compteurs, limiteurs de débit, tiges de manœuvre), la dégradation des ventouses et soupapes, et des fuites dans les chambres de vannes et le réseau.

Un autre diagnostic a été effectué lors de la première phase de l'étude de reconversion vers le goutte-à-goutte (ORMVAG, 2012). Il a révélé que la station de mise en pression SMP C3 ainsi que la plupart des équipements hydromécaniques (ventouse, vidange, borne, vannes de sectionnement) sont dans un état de corrosion très avancé. D'autant plus que certains équipements à savoir les vannes de survitesse, ventouses et soupapes anti-bélier n'ont jamais été renouvelées depuis la mise en eau du secteur. La vétusté de ces équipements s'est traduite par une corrosion très avancée voire d'importantes fuites.

Par ailleurs, l'ORMVA s'est retrouvé, après la libéralisation des assolements, avec des stations de pompage avec un débit nominal important ayant des difficultés à satisfaire une demande si celle-ci est inférieure à 30% du débit nominal de la station, comme lors du démarrage des campagnes d'irrigation.

Une facturation collective qui induit une surconsommation en eau et à l'endettement des agriculteurs

La détérioration des compteurs dans la plupart des bornes a engendré une facturation forfaitaire, sur la base des volumes pompés par les stations de pompage et une facture au prorata de la superficie irriguée par chaque agriculteur en tenant en compte des besoins des cultures irriguées et d'une efficacité d'irrigation théorique (PAGI 2, 1996). Un recensement par les aiguadiers était opérés au niveau des secteurs aspersion pour déterminer mensuellement les agriculteurs qui irriguaient. Ce mode de facturation a favorisé l'utilisation abusive de l'eau d'irrigation par les usagers. Par conséquent, il y avait parfois une consommation moyenne en eau à l'échelle des secteurs par aspersion qui dépassait celle en gravitaire pour la même culture (Jellouli, 1980). La consommation énergétique des stations de pompage devenait excessive, induisant une hausse des factures à payer par les agriculteurs, mais aussi par les ORMVA, puisque les prix de l'eau ne couvraient pas l'ensemble des charges consentis. Ne pouvant pas payer leurs redevances, un grand nombre d'agriculteurs s'endettaient. Par ailleurs, la méthode forfaitaire a longuement été contestée par les usagers. Certains agriculteurs manifestaient leur non-satisfaction en refusant de payer les redevances de l'eau, ce qui entraînait des pénalités, imposées par l'ORMVA, voir même le démontage de la borne jusqu'au recouvrement complet des dettes. Un grand nombre d'agriculteurs sont par la suite revenus à la conduite de leurs cultures en pluviale (ORMVAG, 2012).

Une facture énergétique de plus en plus croissante pour les ORMVA

L'irrigation par aspersion requiert une énergie importante, pour la mise en pression de l'eau, assurant le transport et la distribution. Dans le cas du périmètre du Gharb, les pressions nécessaires aux niveaux des stations de pompage variaient entre 75 et 80 mCE environ. Alors que pour les secteurs gravitaires, le relevage des eaux s'effectue à une hauteur de 10 à 15 m dans les hauts services. Les dépenses d'énergie en irrigation par aspersion, sont par conséquent plus lourdes (Bouhamidi, 1982). Dès l'aménagement des

premiers périmètres collectifs, l'aspersion a été remise en cause en raison du coût élevé du pompage. Ce coût est devenu de plus en plus lourd à supporter par les ORMVAs, suite à la hausse des prix de l'énergie (PNEEI, 2007) et accessoirement la sur-irrigation de certains agriculteurs. Ils ne pouvaient pas répercuter cette hausse sur les agriculteurs et les factures d'eau, malgré l'instauration du plan de réajustement tarifaire, qui visait le rattrapage du déficit perçu dans tous les périmètres d'irrigation.

Une structure foncière complexe et en constante morcellement

Le Code des Investissements Agricoles, décrété en 1969, a ordonné le réaménagement foncier et l'amélioration des structures foncières pour une meilleure mise en valeur des secteurs hydrauliques. Malgré le remembrement des propriétés sur la base de la trame B avec une superficie minimale de 5 ha, lors de l'aménagement en aspersion, quelques années plus tard, un morcellement important de ces propriétés a été observé. Ceci peut d'abord être attribué au fait que pendant le remembrement des terres collectives ont été considérées comme des propriétés uniques, alors qu'en réalité c'étaient de multiples d'ayants droits distincts qui, une fois le réseau mis en eau, cultivaient séparément et ne respectaient pas les exigences de l'aménagement en trame B (Lahlou, 1986). D'ailleurs, certaines propriétés ont été aménagées sur la base de la trame A, quand celles-ci avaient une superficie réduite. Ensuite, les règles de l'héritage entraînaient de nouvelles divisions entre héritiers. A titre d'exemple, au début des années 1980, le bloc 42 du secteur C3 dans le Gharb englobait 33 propriétés (d'une taille variant entre 0,07 à 0,63 ha) et 108 copropriétaires (Bouhamidi, 1980). Aujourd'hui, dans ce même secteur environ 62% des exploitations possèdent des terrains avec une superficie inférieure à 2 ha (avec une taille moyenne de 0,78 ha; Figure 5). Ce morcellement complique l'organisation de l'irrigation, en particulier le déploiement du MMI et l'accès aux bornes d'irrigation.

DES SOLUTIONS APPORTÉES AU MAROC ET À L'INTERNATIONAL

Adaptations sur le terrain par les agriculteurs et les agents de l'ORMVA, le cas du C3 dans le Gharb

Face aux problèmes rencontrés lors de la mise en œuvre de l'aspersion, notamment la conception technique du MMI, le dysfonctionnement du réseau, la facturation collective forfaitaire et l'endettement des agriculteurs, le coût énergétique et la structure foncière, plusieurs actions ont été entreprises que ce soit de la part des agriculteurs ou du côté de l'ORMVA. Ces initiatives n'ont pas pu résoudre l'ensemble des problèmes, mais ont permis à l'irrigation par aspersion de continuer à fonctionner. Nous illustrons notre propos à partir de la littérature, mais aussi de nos observations et enquêtes de terrain dans le secteur C3 du Gharb.

Matériel mobile d'irrigation

Le désir d'individualisation du MMI, souligné déjà au départ de l'aménagement à la fin des années 1970 (Abdel-laoui, 1979) persiste toujours. En 2018 dans le secteur C3, nous avons constaté que la grande majorité des agriculteurs continuant à utiliser l'aspersion dispose d'un équipement individualisé du MMI pour éviter les conflits de partage. Seule une petite minorité d'agriculteurs continue à parta-

ger le MMI. Le matériel individualisé est composé de i) l'antenne d'origine, mais qui rassemble des éléments pouvant venir de différentes parcelles; 2) les tuyaux flexibles en polyéthylène ou tricoflex, et 3) les nouveaux asperseurs, adaptés aux cultures spécifiques de chaque agriculteur.

Dysfonctionnement du réseau: renouvellement des bornes d'irrigation et réhabilitation du réseau

Deux problèmes majeurs se posaient pour l'ORMVA quant aux bornes d'irrigation. D'une part, les opérations d'entretien sur les bornes compactes était difficiles, comme souligné plus haut. Vu l'état de dégradation avancé des bornes compactes de la plupart des secteurs, l'Office a mis en place une opération de diagnostic général en 1997. Suite à ce diagnostic, il a été décidé de remplacer toutes les bornes par des bornes à organes indépendants avec la construction d'un puisard en béton armé muni de trappes et cadenas pour assurer la protection de ces nouvelles bornes (ORMVAG, 2012). D'autre part, en 2003 la plupart des appareillages de sectionnement et de protection a été renouvelés dans le secteur C3.

Dysfonctionnement du réseau: gestion de la demande

En aspersion, la distribution de l'eau s'effectuait initialement à la demande entre les différentes branches du réseau jusqu'à la borne, et ensuite par tour d'eau entre les parcelles relevant d'un même agriculteur (irrigation par poste). Ceux-ci irriguaient souvent en même temps entraînant des chutes de pression. Cela amenait souvent les agriculteurs à enlever des organes de la borne (régulateur de pression, limiteur de débit) en vue de compenser les pertes de pression dans le matériel mobile d'irrigation, ou pour disposer de plus de débit. Ceci se traduisait par des demandes de débits supérieurs aux capacités des stations de pompage, d'où la non possibilité de satisfaire la demande (Ghazzali, 1989). Par la suite, l'ORMVA a instauré l'organisation de tours d'eau entre les antennes du réseau devant permettre une répartition correcte des débits (PAGI 2, 1996). Cependant, cette solution a été abandonnée, car elle présentait un certain nombre d'inconvénients: (i) la mobilisation d'agents pour les fermetures et ouvertures des chambres de vannes et le remplissage du réseau; (ii) les éclatements de conduites suite aux variations brusques de pression; (iii) le fonctionnement continu des stations de pompage, et (iv) le gaspillage de l'eau d'irrigation et de l'énergie électrique.

Exploiter les failles du système de facturation des redevances

Le système de facturation collective au prorata de la superficie et l'utilisation abusive de l'eau par certains agriculteurs a conduit au refus de paiement des factures par les agriculteurs et à leur endettement. Pour pouvoir continuer à

irriguer, les agriculteurs exploitant la même borne s'arrangeaient entre eux pour payer la facture d'eau d'un seul agriculteur, qui était donc en règle vis-à-vis de l'ORMVA. Ainsi, tous les agriculteurs partageant la même borne, qui étaient eux endettés, pouvaient irriguer sans avoir à payer leurs factures. Cette solution permettait d'assurer un certain niveau de mise en valeur, mais avait des conséquences négatives sur l'équilibre financier de l'Office.

Répercuter le coût de l'énergie aux agriculteurs

En 1997, l'État avait mis en place un plan d'ajustement des redevances d'eau dans la grande hydraulique (El Gueddari, 2001). Pour les secteurs aspersion du périmètre du Gharb, tout en étant subventionné par l'État, le prix de l'eau a augmenté de 0,4 Dh/m³ en 1996 à 0,6 Dh/m³ en 2009. Depuis, le prix est resté stable suite aux grèves des agriculteurs par rapport à la hausse des tarifs (Figure 6). En effet, l'augmentation des tarifs tenait toujours compte «de la capacité de paiement des exploitations agricoles», ce qui voulait dire que l'ORMVA ne pouvait pas répercuter le prix réel de l'énergie. L'autre piste pour diminuer les frais d'énergie était d'améliorer l'efficacité d'irrigation à la parcelle, ce qui n'était pas facile avec le système de facturation forfaitaire.

Partage d'expérience entre périmètres irrigués

Les problèmes rencontrés dans le Gharb ne sont pas propres à ce périmètre, puisqu'on retrouve les mêmes contraintes, bien techniques qu'organisationnelles, dans tous les périmètres irrigués du Maroc. Ainsi tous les Offices, ayant des secteurs aspersion, ont essayé de résoudre certains problèmes pour améliorer l'efficacité et la productivité de l'eau. L'ORMVA du Loukkos, par exemple, a proposé certaines solutions pour améliorer l'aspersion qui consistent à réduire la pluviométrie des asperseurs, l'augmentation du nombre d'asperseurs à faible débit, l'utilisation des tuyaux tricoflex pour réduire le temps mort consacré au changement des postes et l'utilisation des tubes PVC (plus léger). Ces améliorations ont permis de minimiser les pertes en eau surtout par percolation (nature sableuse des sols), de réduire le temps de déplacement et d'améliorer la productivité (Moumen, 2003). Certaines améliorations de l'irrigation par aspersion ont été également adoptées dans le périmètre du Gharb. Il est intéressant à noter que l'irrigation par aspersion a aussi été adoptée dans les périmètres d'irrigation privée, par exemple dans la zone côtière du Gharb, montrant les échanges d'idées et de connaissances entre la grande hydraulique et l'irrigation privée. Aussi, les agriculteurs de la zone côtière du Gharb et du Loukkos se sont inspirés de la technique d'irrigation par aspersion, et ont développé ainsi une irrigation privée en utilisant parfois le matériel acheté chez les agriculteurs ayant abandonnés l'irrigation dans les secteurs équipés.

Une recherche à l'internationale qui reste active sur la question de l'aspersion alors que la recherche au Maroc s'est orientée vers l'irrigation localisée

L'analyse bibliométrique montre que la communauté de recherche internationale continue à chercher des solutions pour les problèmes rencontrés dans l'utilisation de l'aspersion. Certains sujets sont tout à fait en phase avec les problèmes rencontrés au Maroc. En particulier, de nombreux travaux ont porté sur l'usage de l'aspersion à basse pression par souci d'économie d'énergie. A titre



Figure 5: Répartition actuelle des exploitations selon leurs superficies, données de l'ORMVAG en 2018

d'exemple, Roblès *et al.* (2017) ont expérimenté l'usage d'un système d'irrigation à basse pression en réduisant la pression de fonctionnement de 300 kPa à 200 kPa, permettant une réduction de la consommation d'énergie tout en augmentant le bénéfice agricole net des systèmes individuels et collectifs. Li *et al.* (2016), quant à eux, ont expérimenté différents dispositifs d'asperseurs en Chine (2 lots d'asperseurs avec pressions et nombres d'asperseurs différents). Leurs résultats ont montré qu'il est possible de mettre en œuvre une irrigation uniforme à basse pression (180 kPa au lieu de 230 kPa) en augmentant le nombre d'asperseurs (11 asperseurs au lieu de 9 asperseurs) pour compenser la diminution de l'uniformité qui résulte de la baisse de pression. En France, des études ont montré qu'on peut atteindre des efficacités de 95 % en temps calme et avec des pressions raisonnables en utilisant l'irrigation par aspersion (Granier et Deumier, 2013). Siraït (2019) a démontré à travers son étude en Indonésie qu'il est possible de diminuer la puissance nécessaire pour faire fonctionner un système d'irrigation par aspersion en développant un système de contrôle automatique à énergie solaire en référence au contrôle de l'humidité du sol.

Au Maroc, en revanche, on constate un certain désintéressement pour l'amélioration de la technique de l'irrigation par aspersion à partir des années 2000, à la fois par la recherche (pas d'articles scientifiques sur l'amélioration de l'aspersion depuis le début des années 1990) et par les pouvoirs publics (plus aucun secteur aménagé en aspersion depuis 1998 et pas de réhabilitation de secteurs aspersifs depuis les programmes PAGI1 et PAGI2). Cependant, les secteurs continuent à faire l'objet d'entretien et de maintenance. Ce désintérêt est concomitant à un intérêt croissant pour la technique du goutte à goutte. Par exemple, en 2002 un programme a été mis en place pour la reconversion de 110 000 ha en irrigation localisée, moyennant des subventions de 30 à 40 % du coût de l'investissement, augmenté à 60 % en 2006 (El Gueddari, 2004). Cela a orienté le débat dans la communauté des ingénieurs au Maroc vers cette technique (Guemimi, 2004; Kobry et Eliamani, 2004; Tizaoui, 2004). En parallèle, la recherche s'intéresse aussi à cette technique d'irrigation (Aabad, 2008; Benouniche *et al.*, 2014).

Persistance de l'aspersion, malgré la mise en œuvre du projet de reconversion vers le goutte à goutte

À partir de 2008, plusieurs secteurs aspersifs ont été ou sont en voie de reconversion collective vers l'irrigation localisée. Par exemple, dans le secteur C3, les travaux ont commencé en 2011, l'aménagement externe a été achevé en 2014 et l'équipement interne est toujours en cours. Deux constats peuvent être dégagés. D'abord, le projet de reconversion a permis de régler un certain nombre de problèmes rencontrés au niveau du secteur pour l'aspersion. Deuxièmement, l'aspersion, qui était sensée disparaître avec la mise en place du goutte à goutte, continue à être utilisée par des agriculteurs, qui montrent leur attachement à cette technique.

Régler d'abord les problèmes de l'aspersion

Le nouveau projet de reconversion, lors de sa conception, a tiré les enseignements des difficultés rencontrées par l'irrigation en aspersion dans les grands périmètres au Maroc. Premièrement, il s'agissait de l'individualisation des prises pour i) atténuer le problème de partage et de gestion du MMI; ii) individualiser les factures d'eau pour éviter la surconsommation en eau et les litiges autour des factures collectives forfaitaires; et iii) faciliter l'accès aux bornes en cas de partage informel de la terre entre cohéritiers. Deuxièmement, le projet a amélioré la qualité du service de l'eau par la mise en place des variateurs de vitesse pour les stations de pompage pour le fractionnement des débits des groupes unitaires pour satisfaire les faibles demandes.

• Individualisation des prises avec compteurs

Le projet de reconversion a pris en considération les litiges issus de l'usage collectif du MMI. De ce fait la variante d'individualisation des prises a été adoptée. Ainsi, chaque prise d'irrigation domine une parcelle indépendamment des autres, et est équipée d'un compteur qui reflète la consommation réelle de la parcelle en évitant la facturation au prorata de la superficie irriguée. Cette individualisation des prises à partir des nouvelles bornes dites bornes blocs localisées, mitoyennes des anciennes bornes aspersives,

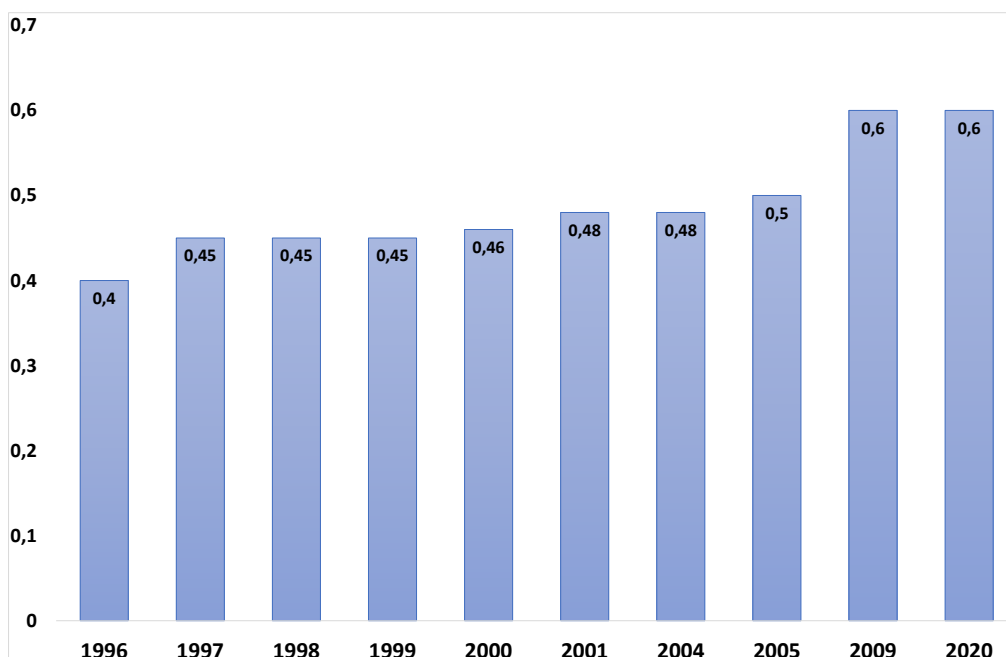


Figure 6: Évolution du tarif de l'eau pour les secteurs aspersifs du Gharb (Dh/m³)

(Source: DIAEA, 2009; données de la DIAEA)

a permis aux agriculteurs de disposer d'une ou plusieurs prises individuelles, rendant l'accès à la prise plus facile pour les cohéritiers. Cependant, le problème de fond qui se pose par rapport au foncier agricole, sujet au morcellement continue, n'est pas résolu et reviendra sans doute vite.

• Variateurs de vitesse des stations de pompage

La rénovation des stations de pompage, intégrant les variateurs de vitesse, a permis d'assurer la régulation du fonctionnement de la station, en faisant varier la vitesse des groupes motopompes, et, par ajustement automatique, le débit en fonction de la pression dans le réseau. Ce changement technique a permis de satisfaire les faibles demandes lors du démarrage des campagnes d'irrigation, ainsi qu'une économie considérable d'énergie (Oujana, 2017; Kashi et El Haouadar, 2018; Serghini et Jemali, 2019). Les ballons de régulation (4 pour le cas du secteur C3) assurent le rôle d'antibélier, jouent aussi un rôle complémentaire à celui joué par les variateurs de vitesse en assurant un rôle de réservoir (160 m³ pour le cas du secteur C3) pour fournir les très faibles débits.

Les réseaux de l'aspersion et du goutte-à-goutte coexistent

Dans le projet de reconversion en cours, nous avons constaté qu'un grand nombre d'agriculteurs continue à privilégier l'irrigation par aspersion, malgré leur satisfaction par rapport à l'aménagement externe du projet, en particulier les prises individuelles, et, dans une moindre mesure, les nouvelles possibilités de gestion des stations de pompage. Plusieurs arguments ont été avancés par les agriculteurs en faveur du maintien de l'aspersion. Premièrement, il s'agit de limiter le temps de présence sur la parcelle pour les agriculteurs dont les habitations sont éloignées. Deuxièmement, ils estiment que les grandes cultures (luzerne, par exemple) sont mieux irriguées en aspersion, surtout sur les sols lourds et très argileux du secteur (tirs) avec des fentes de retrait de plusieurs centimètres. Troisièmement, les agriculteurs estiment manquer de maîtrise de la conduite du goutte à goutte, en particulier la fertigation, même si certains apprécient la facilité du travail apportée par le goutte à goutte (vêtements pas mouillés; légèreté des rampes, etc.). Cette situation a mené à un fonctionnement conjugué du réseau pour desservir les agriculteurs irrigant par aspersion, ceux qui ont adopté l'irrigation par goutte à goutte, ou les deux.

CONCLUSION:

Continuer à s'intéresser à l'aspersion mais autrement

Le Maroc dispose d'une expérience riche de plus de cinquante ans dans la conception et l'utilisation de l'irrigation par aspersion. Aujourd'hui, la technique est utilisée sur une superficie de 118 000 ha dans les grands périmètres irrigués et elle s'est diffusée dans des périmètres d'irrigation privée. Tout au long de cette histoire, techniciens et agriculteurs ont su trouver des solutions aux nombreux problèmes rencontrés, en particulier par rapport à l'individualisation du matériel mobile d'irrigation. Cependant, deux grands défis restent d'actualité: diminuer la consommation énergétique et améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau à la parcelle. Il faudra donc continuer à s'intéresser à la pratique de l'aspersion dans les années à venir mais en lui introduisant des innovations pour éviter les problèmes du passé. Ce constat s'applique bien sûr aussi à l'irrigation gravitaire, qui est encore utilisée sur plus de la moitié des superficies irriguées au Maroc.

Au départ, la technique de l'aspersion a parfois été présentée comme la panacée pour résoudre un ensemble de problèmes associés à l'irrigation gravitaire. Cependant, les différentes analyses montrent que les choix techniques de l'aspersion n'ont pas été faciles, créant de nouveaux problèmes, et qu'en même temps d'autres problèmes, pas forcément liés à la technique d'irrigation comme la question foncière, persistaient quel que soit la technique d'irrigation utilisée. Nos premières observations de l'introduction de la technique du goutte-à-goutte, elle aussi parfois présentée comme la panacée à tous les problèmes de l'aspersion, montrent qu'elle va aussi être confrontée à de nombreux problèmes. Notre analyse montre qu'il ne suffit pas de changer de technique d'irrigation pour améliorer l'efficacité d'irrigation et la mise en valeur agricole, mais qu'il s'agit donc bien, quel que soit la technique, d'en améliorer les pratiques: des choix techniques dans l'aménagement externe et interne, jusqu'au pilotage de l'irrigation. L'action des agriculteurs continuant à utiliser l'aspersion, tout en expérimentant le goutte à goutte, et l'action de l'Office améliorant la performance des équipements externes, montrent un souci de capitaliser sur une pratique de 50 ans. Il est important d'étudier les pratiques d'irrigation dans ce nouveau contexte.

L'expérience de l'irrigation par aspersion montre l'importance d'une période d'ajustement pour que les utilisateurs et les techniciens puissent progressivement améliorer la conception et l'utilisation de la technique afin de répondre au mieux aux exigences des utilisateurs et aux objectifs d'efficacité technique et agro-économique. La mise en place contemporaine du goutte-à-goutte dans les périmètres de la grande hydraulique pourra s'inspirer utilement de cette expérience pour réussir sa mise en place.

RÉFÉRENCES

- Aabad M. (2008). Stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation par la canne à sucre au Gharb-Maroc. Approches par expérimentation *in situ* et par adaptation et utilisation du modèle Mosaic. Doctoral dissertation, Fusagx.
- Abdellaoui R. (1979). Réflexions sur les problèmes de distribution d'utilisation d'entretien et de renouvellement matériel mobile d'irrigation par aspersion. *Hommes Terre & Eaux*, 33, ANAFID, pp.59-67.
- Administration du Génie Rural (AGR) (2000). L'irrigation au Maroc. *Hommes Terre & Eaux*, 117: 67- 69.
- ANAFID (1990). Gestion des grands périmètres irrigués au Maroc. Volume 1: Distribution de l'eau d'irrigation exploitation et maintenance des réseaux et ouvrage d'irrigation.
- Aït Kadi M. (1984). Gestion et maintenance du matériel d'irrigation par aspersion: confrontation de l'expérience des deux pays: Rapport marocain. *Hommes Terre & Eaux*, 54:103-116.
- Benouniche M., Kuper M., Hammani A. (2014). Mener le goutte-à-goutte à l'économie d'eau: ambition réaliste ou poursuite d'une chimère? *Alternatives Rurales* (2), 12 p.
- Berrady M. (1987). L'aménagement hydro-agricole de la plaine du Gharb. *Hommes Terre & Eaux*, 64: 5-31.
- Bouaam M. (1999). Deux Programmes pour l'amélioration de la grande irrigation au Maroc (PAGI 1 et PAGI 2). *Hommes Terre & Eaux*, 110: 26-27.
- Bouderbala N. (1986). Logique foncière de l'état et logiques foncières des exploitants dans les grands périmètres d'irrigation au Maroc. Aménagement hydro-agricole et systèmes de production, CIRAD, Montpellier, décembre 1986.

- Bouhamidi M. (1980). Réflexions sur l'irrigation. *Hommes Terre & Eaux*, 36: 3-14.
- Bouhamidi M. (1982). Réflexions relatives à l'irrigation par aspersion et à l'irrigation gravitaire dans le périmètre du Gharb. *Hommes Terre & Eaux*, 46: 43-58.
- Chraïbi M. (1971). Techniques d'irrigation et structures agraires. *Bulletin économique et social du Maroc*, 120-121: 63-80.
- DIAEA (2009). Étude du coût de l'eau.
- El Gueddari M. (2001). L'irrigation au Maroc. *Hommes Terre & Eaux*, 120: 21-26.
- El Gueddari A.B.S. (2004). Économie d'eau en irrigation au Maroc : acquis et perspective d'avenir. In: Hammani, A., Kuper, M., Debbarh, A. (éds), *la modernisation de l'agriculture irriguée*, Tome 1, pp. 2-7.
- Essafi B., Zizi N. (1984). Gestion et maintenance du matériel d'irrigation par aspersion: confrontation de l'expérience des deux pays: Résumé de la discussion. *Hommes Terre & Eaux*, 54: 127-129.
- FAO (2016). Site web AQUASTAT. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Site consulté le [2019/04/23].
- Ghazzali K. (1989). Organisation actuelle de la distribution de l'eau d'irrigation dans les périmètres irrigués du Maroc. *Hommes Terre & Eaux*, 77: 31-36.
- Granier J., Deumier J. (2013). Efficacité hydraulique et énergétique : les nouveaux critères de performances pour les systèmes d'irrigation du futur. *Sciences Eaux & Territoires*, 11: 30-34.
- Guemimi A. (2004). Plan d'action d'économie d'eau d'irrigation dans le périmètre des Doukkala. In: Hammani, A., Kuper, M., Debbarh, A. (éds), *la modernisation de l'agriculture irriguée*, Tome 1, pp. 180-188.
- Hassainya J. (1986). Irrigation et transformation des systèmes de production: Cas des grands aménagements hydro-agricoles du Maghreb. In *Aménagement hydro-agricole et systèmes de production*, CIRAD, Montpellier, décembre 1986.
- Jellouli D. (1980). Observations personnelles relatives à l'irrigation par aspersion dans le Gharb. *Hommes Terre & Eaux*, 36:17-21.
- Jouve A.M. (1972). L'évolution des superficies équipées et irriguées dans les grands périmètres irrigués de 1957-1977. *Hommes Terre & Eaux*, 4:55-61.
- Jouve Ph. (1986). Un modèle d'aménagement à l'épreuve du temps: le cas des grands périmètres d'irrigation au Maroc. *Cahiers de la Recherche-Développement*, 14-15:122-131.
- Kashi F., El Haouar I. (2018). Analyse des performances des systèmes d'irrigation par aspersion et au goutte-à-goutte dans le secteur C3 du Gharb. Projet de Fin d'Études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Rural, IAV Hassan II, Rabat.
- Kobry A., Eliamani A. (2004). L'irrigation localisée dans les périmètres de grande hydraulique, atouts et contraintes dans le périmètre du Tadla au Maroc. In: Hammani, A., Kuper, M., Debbarh, A. (éds), *la modernisation de l'agriculture irriguée*, Tome 1, pp. 199-209.
- Lahlou O. (1978). Organisation de la gestion, de l'exploitation et de l'entretien des réseaux d'irrigation et de drainage dans les GPI du Maroc. *Hommes Terre & Eaux*, 27:37-47.
- Lahlou O. (1983). Participation des agriculteurs à l'équipement et opportunité de l'aménagement interne. *Hommes Terre & Eaux*, 51:11-14.
- Lahlou O. (1985). La gestion des réseaux dans certains grands périmètres irrigués marocains. *Hommes Terre & Eaux*, 59: 97-103.
- Lahlou O. (1986). Aménagement hydro-agricole et mise en valeur au Maroc. In: *Aménagement hydro-agricole et systèmes de production*, CIRAD, Montpellier, décembre 1986.
- Li H., Jiang Y., Xu M., Li Y., Chen C. (2016). Effect on hydraulic performance of low-pressure sprinkler by an intermittent water dispersion device. *Transactions of the ASABE*, 59: 521-532
- Massont C., Missante G., Tassemit D. (1967). La plaine du Tadla. *Les cahiers de la recherche agronomique*, 24: 163- 194.
- Mathieu C., Ruellan A. (1987). Évolution morphologique des sols irrigués en région méditerranéenne semi-aride: l'exemple de la Basse Moulouya (Maroc). *Cahiers ORSTOM Pédologie*, 13: 3-25.
- Moumen M. (2003). Utilisation rationnelle des eaux d'irrigation: reconversion de l'aspersion en localisée dans le Loukkos. *Hommes Terre & Eaux*, 125: 50-53.
- Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (1972). Étude sur l'irrigation par aspersion dans le Gharb, Rabat, p :3.
- Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (1975). L'irrigation au Maroc: situation de l'équipement et de la mise en valeur, perspective de développement, Rabat, 114 p.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime (2011). Situation de l'agriculture marocaine. Dossier: Le conseil agricole: une nouvelle stratégie de service pour les agriculteurs.
- ORMVAG (2012). Étude de reconversion du système d'irrigation par aspersion en localisée dans le périmètre du Gharb, Phase I: diagnostic de la situation actuelle. (Secteurs C3 et N5). Groupement CID et COBA.
- ORMVAG (2018). Aménagement de la plaine du Gharb.
- Oujana M. (2017). Analyse des performances des systèmes d'irrigation dans le cadre de la reconversion collective: Cas du secteur C3 de la Seconde Tranche d'irrigation du Gharb. Projet de Fin d'Études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Rural, IAV Hassan II, Rabat.
- PAGI 2 (1996). Projet d'amélioration de la grande irrigation: étude d'amélioration de l'exploitation des systèmes d'irrigation et de drainage. Phase 1- Diagnostic: rapport de synthèse, ORMVAG.
- Pascon P. (1978). De l'eau du ciel à l'eau de l'état. *Hommes Terre & Eaux*, 28: 3-10.
- Robles O., Playán E., Cavero J., Zapata N. (2017). Assessing low-pressure solid-set sprinkler irrigation in maize. *Agricultural Water Management*, 191: 37-49.
- Scalabre J. (1963). Les Centres de mise en valeur de l'ONI. *Hommes Terre & Eaux*, n° 4.
- Serghini M., Jemali M. (2019). Analyse de l'adoption de l'irrigation localisée et des performances des systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte: Cas du secteur C3 du Gharb. Projet de Fin d'Études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Génie Rural, IAV Hassan II, Rabat.
- Sirait S. (2019). Teknologi irigasi otomatis bertenaga surya di kelompok tani cahaya tani kecamatan tarakan utara kota tarakan. J-Pen Borneo: *Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(2).
- Taky A. (2008). Maîtrise des excès d'eau hivernaux et de l'irrigation et leurs conséquences sur la productivité de la betterave sucrière dans le périmètre irrigué du Gharb (Maroc). Analyse expérimentale et modélisation (Doctoral dissertation).
- Tizaoui C. (2004). Promotion de l'irrigation localisée dans le périmètre de la basse Moulouya. In: Hammani, A., Kuper, M., Debbarh, A. (éds), *la modernisation de l'agriculture irriguée*, Tome 1, pp. 189-198.