

Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du Diplôme
d'Ingénieur d'Etat en Génie Rural

**Interactions ressource et usages de l'eau en oasis de
montagne : cas des gorges du Dadès dans le Haut
Atlas**

Présenté et soutenu publiquement par :

BAGAGNAN Rock Stéphane

Devant le jury composé de :

Mme EL MEKNASSI YOUSOUFI Ehssan	IAV HASSAN II	Présidente
Pr. HAMMANI Ali	IAV HASSAN II	Rapporteur
Dr. LACOMBE Guillaume	CIRAD/IAV HASSAN II	Co-rapporteur
Dr. TAKY Abdelilah	IAV HASSAN II	Co-rapporteur
Dr. BURTE Julien	CIRAD/IAV HASSAN II	Examineur
Mr. BAKACHE Mohamed	IAV HASSAN II	Examineur

Juillet 2022

DEDICACES

A DIEU TOUT PUISSANT,

pour m'avoir guidé et accompagné à tout instant de ma vie

A mes grands-parents paternels défunts, qui veillent sur moi de là-haut ;

A mes grands-parents maternels, spécialement ma grand-mère Awa OUEDRAOGO que j'appelle affectueusement Poug-yang zéné, pour ses bénédictions, ses prières, ses précieux conseils de vie et son amour inconditionnel ;

A ma Mère Azêta OUEDRAOGO, ma bien aimée, cette femme au grand cœur qui est la pierre d'angle de notre famille pour m'avoir donné la vie, pour son amour inconditionnel, sa force, ses nombreux sacrifices, ses prières et ses bénédictions, ses mots justes qui m'ont toujours réconforté dans mes moments les plus sombres et ce depuis ma tendre enfance ;

A mon Père Etienne BAGAGNAN, cet homme de tenue dévoué à son travail, pour m'avoir permis de venir à l'existence, pour sa guidance, sa rigueur, sa bienveillance, ses conseils et son incitation à ma personne à toujours donner le meilleur de moi-même ;

A mes frères et sœurs Rodriguez, Rose, Roland et Rodolphe pour leur amour, leur bienveillance et qui m'inspire chacun à travailler dur par leurs performances académiques ;

A ma mère spirituelle, Elise NIKIEMA, pour m'avoir redonné confiance en moi et m'avoir redonné le goût de l'excellence à un certain moment de mon existence, pour sa présence, ses prières et ses bénédictions, ;

A tous mes oncles et mes tantes maternelles, spécialement mon oncle Sékou pour avoir toujours su me motiver dans mes études depuis ma tendre enfance, ma tante Fatou pour m'avoir toujours poussé à aller de l'avant, mes tantes Alima et Aminata pour avoir toujours cru en moi ;

A mes différents mentors spécialement à Ange Mohamine ZOUGMORE, pour avoir toujours été là pour moi depuis mes études primaires, pour m'avoir toujours motivé, conseillé et guidé aussi bien dans mes études que dans ma vie sociale ;

A tous ceux qui ont participé à mon éducation et ma formation depuis mes premiers moments sur les bancs scolaires ;

A toutes les magnifiques personnes que j'ai rencontrées tout au long de mon séjour d'études au Maroc ;

A tous ceux qui m'aiment et à ceux que j'inspire ;

Je vous dédie en toute humilité et avec profonde reconnaissance, ce travail !

REMERCIEMENTS

Le présent travail a été réalisé dans le cadre du projet Massire financé par le FIDA, coordonnée par le CIRAD et dont la mise en œuvre au Maroc est coordonnée par l'IAV Hassan II et l'ENA Meknès.

Je voudrais exprimer à l'endroit de mes très chers encadrants ma profonde gratitude pour m'avoir pris sous leur aile durant tout ce travail.

Au Pr. Ali HAMMANI, je voudrais traduire mes sincères remerciements pour sa bienveillance, son accompagnement, ses conseils, ses orientations et surtout son aptitude à responsabiliser et faire grandir ses différents étudiants. Je voudrais également lui traduire ma profonde déférence pour avoir mis à ma disposition tous les moyens techniques et financiers nécessaires durant mes périodes de terrain.

Au Pr. Abdelilah TAKY, je voudrais adresser ma toute reconnaissance pour son implication, son accompagnement et ses remarques pertinentes à chaque étape du travail plus spécialement pendant ma phase de terrain. Il arrivait à mener mon attention et mon regard sur des points intéressants et combien importants que malheureusement mes yeux d'élève-ingénieur inexpérimenté ne pouvaient pas déceler. Je voudrais également le remercier pour sa bonne humeur, et sa facilité à communiquer et cela à n'importe quelle heure de la journée via n'importe quel outil de communication, qui m'ont tout de suite permis de me sentir sans pression et à l'aide dans mon travail.

Au Pr. Guillaume LACOMBE, je voudrais exprimer ma profonde gratitude pour son implication, son intérêt et ses remarques judicieuses qui m'ont permis de gagner énormément en temps. Son regard minutieux qui arrivait à déceler les erreurs notamment dans mes données de base, m'a permis ainsi d'éviter tout un travail sur des données aberrantes. Je tiens à le remercier également pour sa compréhension, sa simplicité son éloquence et sa courtoisie qui m'ont tout de suite marqué et inspiré depuis le cours d'ingénierie écologique et m'ont d'ailleurs poussé à vouloir travailler avec lui sur ce sujet dans le cadre de mon projet de fin d'études.

Je ne saurai terminer ce mot de remerciement sans saluer les différents acteurs habitants et agriculteurs de la commune rurale de M'Semrir avec qui j'ai passé une phase de terrain agréable faite de souvenirs que je chérirai sûrement pendant longtemps. Je voudrais spécialement remercier :

- le Caïd et les responsables qui travaillent dans les différents services administratifs du siège de la commune ;

- Monsieur Abdellah MOHACH, technicien supérieur de l'ORMVAO spécialisé dans les productions animales qui m'a aidé à obtenir certaines données brutes nécessaires à mon étude ;
- le Cheikh d'Oussikis pour sa disponibilité ;
- les membres de la famille ACHOUR à savoir Hamid ACHOUR, Hassan ACHOUR, Mohamed ACHOUR qui m'ont beaucoup facilité la tâche dans mes enquêtes et entretiens ;
- Monsieur Mohammed OTTALEB, agent du Caïdat qui a bien voulu m'accompagner de temps à autres lors de mes sorties pour les enquêtes ;
- Amil lhasan ECHAKIRI, pour m'avoir donné de son temps pour m'expliquer en détail le fonctionnement des khetaras dans la zone de M'Semrir.

RESUME

La présente étude est réalisée dans la commune rurale de M'Semrir, oasis de montagne située en amont des gorges du Dadès dans le Haut Atlas marocain. C'est une zone de PMH qui se caractérise par des pratiques d'irrigation traditionnelles et différents modes de gestion de la ressource. Malheureusement, les nouvelles dynamiques sociales et les aléas climatiques menacent la stabilité et le développement durable de ce milieu oasien. Cette étude a pour but d'aboutir à la caractérisation des différentes pratiques agricoles spécialement en matière d'usage de l'eau et à l'identification des différents modes de gestion de l'eau dans la commune. Il s'agit donc de faire un état des lieux sur tout ce qui a trait à la ressource en mettant particulièrement l'accent sur les mécanismes de gestion, la structuration du réseau et les performances du système d'irrigation. L'analyse permettra ainsi d'aboutir à une réflexion future sur des axes d'amélioration et de développement. La démarche adoptée s'est basée sur la délimitation d'une zone d'étude où, par des enquêtes, des entretiens et des mesures sur le terrain on a collecté des données qui ont fait l'objet d'analyse et de calculs. Au terme de la présente étude, on est arrivé aux conclusions suivantes. Tout d'abord, le réseau d'irrigation de M'Semrir est constitué de séguias principales en béton et d'un réseau très dense de séguias en terre interconnectées qui assurent une répartition de la ressource entre l'amont et l'aval. Cette répartition ne semble cependant pas équitable puisqu'on observe une baisse des débits disponibles allant jusqu'à 42% dans certaines zones de l'aval à cause des prélèvements pour l'irrigation des parcelles situées en amont. Par ailleurs, l'efficacité globale du réseau d'irrigation est évaluée à 44% et cela s'explique par l'état de dégradation avancée de certaines séguias dans les zones de l'amont et les pertes d'eau par infiltration importantes surtout dans les séguias en terre. Ensuite pour ce qui concerne les modes de gestion, ils sont en général basés sur des tours d'eau spécialement dans les zones marquées par une raréfaction importante de la ressource en eau (Cas d'Oussikis et cas d'Almou). Ces modes de gestion répondent en majorité aux principes de bonne gestion mais des actions peuvent être entreprises pour une meilleure gestion de la ressource en eau. Enfin l'étude des pratiques d'irrigation a montré une sur-irrigation des parcelles par les agriculteurs avec un taux de satisfaction des besoins en eau des cultures de 226%. En termes d'efficacités agronomiques, la pomme de terre a la meilleure efficacité d'utilisation de l'eau avec 8 kg/m^3 . Contre toute attente, le pommier qui devait apporter une meilleure valeur ajoutée, a la plus faible EUE avec une moyenne de 2 kg/m^3 .

Mots clés : Oasis de montagne, Petite et Moyenne Hydraulique, réseau d'irrigation, efficacité, gestion de l'eau agricole, tour d'eau, développement durable.

ABSTRACT

The present study is carried out in the rural commune of M'Semrir, a mountain oasis located upstream of the Dades Gorges in the Moroccan High Atlas. It is a Small and Medium Scale Irrigation area that is characterized by traditional irrigation practices and different modes of resource management. Unfortunately, new social dynamics and climatic hazards threaten the stability and sustainable development of this oasis environment. This study aims to characterize the different agricultural practices especially in terms of water use and to identify the different modes of water management in the commune. It is therefore a question of taking stock of everything related to the resource, with particular emphasis on the management mechanisms, the structure of the network and the performance of the irrigation system. The analysis will thus lead to a future reflection on the areas of improvement and development. The approach adopted was based on the delimitation of a study area where, through surveys, interviews and field measurements, we collected data that were analyzed and calculated. At the end of the present study, we have reached the following conclusions. First of all, the M'Semrir irrigation network is made up of main concrete seguias and a very dense network of interconnected earthen seguias that ensure a distribution of the resource between upstream and downstream. This distribution is not, however, equitable, since a drop in available flows of up to 42% has been observed in certain downstream areas due to withdrawals for the irrigation of plots located upstream. Furthermore, the overall efficiency of the irrigation network is evaluated at 44% and this is explained by the advanced state of degradation of certain seguias in the upstream areas and the significant losses of water through infiltration, especially in the earthen seguias. Secondly, as regards management methods, they are generally based on water towers, especially in areas marked by a significant scarcity of water resources (case of Oussikis and case of Almou). These management methods are mostly in line with the principles of good management, but actions can be taken to improve the management of water resources. Finally, the study of irrigation practices has shown an over-irrigation of plots by farmers with a rate of satisfaction of the water needs of crops of 226%. In terms of agronomic efficiency, it is especially the potato that makes the best use of the water resource with a WUE of 8 kg/m³. Unexpectedly, the apple tree, which was supposed to make better use of the resource, had the lowest WUE with an average of 2 kg/m³.

Key words: Mountain oasis, Small and Medium Scale Irrigation, irrigation network, efficiency, agricultural water management, sustainable development.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
RESUME	IV
ABSTRACT.....	V
TABLE DES MATIERES	VI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES PHOTOS.....	XIV
LISTE DES TABLEAUX.....	XV
LISTE DES ABREVIATIONS.....	XVI
LISTE DES UNITES	XVII
INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	4
CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE DES PERIMETRES OASIENS DE PMH.....	5
I. Définition générale et caractérisation des périmètres oasiens	5
1. Définition générale.....	5
2. Périmètres oasiens du Maroc	5
2.1. Cartographie des oasis marocaines	5
2.2. Histoire des oasis marocaines	6
2.3. Types d'oasis marocaines	8
II. Contexte économique et sociodémographique.....	8
1. Contexte économique.....	8
2. Contexte sociodémographique.....	9
3. Nouvelles dynamiques en milieux oasiens	9
III. Système de production oasien.....	11
1. Types de systèmes de production oasiens.....	11
2. Système de cultures oasien	12
2.1. Etages de cultures	13
2.2. Les cultures pratiquées dans les oasis	13
2.2.1. Le palmier-dattier : arbre de providence.....	13
2.2.2. L'arboriculture oasienne	14
2.2.3. Les céréales	14
2.2.4. Les cultures fourragères	14

2.2.5. Les cultures maraichères	15
2.2.6. Les cultures spéciales.....	15
3. Système de production animale	15
3.1. Types d'élevage	15
3.2. Espèces constitutives du cheptel.....	15
IV. Ressources en eau du milieu oasien.....	16
1. Ressource en eau superficielle	16
2. Ressource en eau souterraine	17
3. Qualité de l'eau	17
V. Usages de l'eau en milieu oasien : pratiques de l'irrigation dans les périmètres oasiens.....	18
1. Irrigation par bassin ou submersion.....	18
2. Irrigation par planche ou calant	19
3. Irrigation à la raie.....	19
CHAPITRE 2 : LA GESTION SOCIALE DE L'EAU D'IRRIGATION (GSE)	21
I. Gestion sociale de l'eau.....	21
1. Définition	21
2. Conditions d'une bonne gestion de l'eau.....	21
2.1. Les sept Principes Wittfogeliens (PW).....	21
2.2. Les huit principes ostromiens (PO).....	23
2.3. Les principes néolibéraux (PN)	24
3. Techniques de gestion de l'eau en milieu oasien.....	25
3.1. Les droits d'eau et les droits de la terre	25
3.2. Mode d'acquisition des droits d'eau	26
3.3. Répartition des eaux dans les périmètres traditionnels.....	26
II. Organismes acteurs de la gestion de l'eau dans les oasis marocaines	27
1. Les ORMVA.....	27
2. Les ABH	28
3. Les organisations coutumières et les associations d'agriculteurs	28
4. Autorité locale : Caïdat	29
CHAPITRE 3 : EVALUATION DES PERFORMANCES DE L'IRRIGATION	31
I. Notion de performances de l'irrigation	32
1. Indicateurs de performance hydraulique.....	32

1.1. Efficience hydraulique	32
1.2. Taux de satisfaction des besoins en eau des cultures.....	33
2. Indicateurs de performance agronomique.....	33
2.1. Le rendement des cultures	33
2.2. Efficience agronomique d'utilisation de l'eau (EUE)	34
3. Indicateurs de performance économique	34
3.1. Efficience économique.....	34
3.2. Valorisation du mètre-cube d'eau d'irrigation.....	34
II. Performances en irrigation gravitaire	35
1. Facteurs influençant les performances du gravitaire	35
2. Efficiences en irrigation gravitaire.....	35
III. Voies d'amélioration du gravitaire	36
1. Techniques d'amélioration du gravitaire	36
2. Projets d'amélioration et de développement en milieu oasien.....	37
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES.....	38
CHAPITRE 1 : DEMARCHE METHODOLOGIQUE.....	39
I. Activités de travail.....	39
II. Outils et méthodes de travail	39
1. Observations sur le terrain	39
2. Diagnostic sur le terrain : entretiens et enquêtes	40
2.1. Description des principales caractéristiques du système irrigué	40
2.2. Interactions entre composantes d'un système irrigué	42
3. Mesures des débits : Méthode du flotteur	43
4. Calculs d'indicateurs de performances	44
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	45
I. Milieu physique	45
1. Localisation géographique de la zone d'étude.....	45
2. Caractéristiques climatiques	46
3. Relief, Pédologie et occupation des sols.....	48
II. Ressources en eau et en terre.....	48
1. Ressources en eau	48
1.1. Eaux superficielles	48
1.1.1. Réseau hydrographique.....	49

1.1.2. Barrage d’Akka N’Oussikis	50
1.2. Eaux souterraines	51
1.2.1. Puits et forages	52
1.2.2. Khetaras	53
1.3. Qualité des eaux	54
2. Ressources en terre	55
2.1. Statut juridique des terres	55
2.2. Typologie des exploitations	56
III. Cadre socio-économique.....	56
1. Population et démographie	56
2. Economie de la zone	57
2.1. Agriculture et production végétale.....	57
2.2. Production animale	58
3. Dynamiques sociales.....	59
IV. Présentation des périmètres irrigués de la zone d’étude	59
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION	63
CHAPITRE 1 : CARACTERISATION DU RESEAU D’IRRIGATION ET GESTION DE L’EAU	64
I. Caractérisation des réseaux d’irrigation	64
1. Réseau d’irrigation de M’Semrir	64
1.1. Ouvrages de mobilisation	65
1.2. Réseau de transport de l’eau	65
1.2.1. Description du réseau.....	65
1.2.2. Caractéristiques géométriques des séguis	67
1.3. Prises et ouvrages de contrôle.....	69
2. Réseau d’irrigation d’Almou	70
2.1. Ouvrages de mobilisation	71
2.2. Description du réseau de transport de l’eau.....	72
3. Réseau d’irrigation d’Oussikis.....	73
3.1. Ouvrages de mobilisation	73
3.1.1. Mobilisation des eaux superficielles.....	74
3.1.2. Mobilisation des eaux souterraines.....	74
3.2. Réseau de transport.....	74

II. Gestion de l'eau agricole.....	76
1. Zone du centre de M'Semrir	77
1.1. Le tour d'eau	77
1.2. Modalités de fonctionnement du tour d'eau	77
2. Zone d'Almou.....	78
2.1. Le tour d'eau	78
2.2. Les modalités de gestion de l'eau	80
3. Zone d'Oussikis	81
3.1. Le tour d'eau	81
3.2. Modalités de fonctionnement du tour d'eau	82
III. Pratiques d'irrigation	84
1. Techniques d'irrigation gravitaire.....	84
1.1. Irrigation à la raie courte.....	84
1.2. Irrigation par planche ou calant	86
2. Pratiques d'irrigation et Facilité d'accès à l'eau.....	87
2.1. Pratiques d'irrigation	87
2.2. Accès à la ressource	87
IV. Conclusion	89
CHAPITRE 2 : PERFORMANCES TECHNIQUES DU RESEAU D'IRRIGATION GRAVITAIRE	91
I. Performances hydrauliques du réseau d'irrigation	91
1. Efficacité d'application d'eau d'irrigation	91
1.1. Mesures des débits	91
1.1.1. Zone d'Almou.....	92
1.1.2. Zone de M'Semrir.....	93
1.2. Calculs des efficacités dans les séguis principales.....	95
1.2.1. Efficacités dans la zone d'Almou	95
1.2.2. Efficacités dans la zone de M'Semrir	95
1.2.3. Pertes d'eau par infiltration dans les séguis en terre	97
2. Essais à la parcelle	98
II. Taux de satisfaction des besoins en eau des cultures	101
1. Calcul des besoins en eau des cultures	101
2. Calculs des volumes d'eau apportés	103

3. Comparaison entre besoins des cultures et volumes apportés	105
3.1. Comparaison entre besoin net et volumes apportés	105
3.1.1. Variation des besoins nets annuels par culture	105
3.1.2. Comparaison entre besoin net annuel et volume apporté	105
3.2. Comparaison entre besoins bruts et volumes apportés	106
III. Performances agronomiques	107
1. Variation des rendements et valorisation de l'eau à Oussikis avec la construction du barrage.....	107
2. Variation des rendements et valorisation de l'eau à M'Semrir.....	108
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	110
BIBLIOGRAPHIE	114
WEBOGRAPHIE	117
PARTIE IV : ANNEXES.....	119
I. Fiche d'enquêtes	120
II. Calculs des débits	131
1. Protocole expérimental de la méthode du flotteur	131
2. Données des mesures réalisées et coefficient de variation	133
3. Calculs des débits et vérification par Manning-Strickler.....	133
III. Méthode des trapèzes	135
IV. Méthodes empiriques de calculs des infiltrations	137
V. Inventaire des puits et forages.....	138
VI. Données d'enquêtes sur les pratiques d'irrigations	139
VII. Calcul des besoins en eau des cultures	140
ملخص	148

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les Oasis du Maroc et d'Algérie	6
Figure 2 : Interactions entre les différents acteurs de la GSE.....	29
Figure 3 : Evolution de l'irrigation au Maroc	32
Figure 4 : Interactions entre composantes d'un système irrigué	43
Figure 5 : Localisation de la commune rurale de M'Semrir	46
Figure 6 : Variation interannuelle de la pluviométrie entre 2013 et 2018 à M'Semrir	47
Figure 7 : Diagramme ombrothermique de M'Semrir.....	47
Figure 8 : Réseau hydrographique de l'Oued Dadès	49
Figure 9 : Réseau hydrographique dans la commune rurale de M'Semrir	50
Figure 10 : Carte de pauvreté des communes rurales de la province de Tinghir.....	57
Figure 11 : Evolution de l'assolement à M'Semrir.....	58
Figure 12 : Présentation des zones d'intérêts dans la zone d'étude	59
Figure 13 : Aménagement externe de l'irrigation dans la zone de M'Semrir	64
Figure 14 : Principe de fonctionnement d'un syphon inversé.....	66
Figure 15 : Caractéristiques géométriques des séguias en béton.....	68
Figure 16 : Profil en travers d'une séguia en terre dans la zone de M'Semrir	68
Figure 17 : Description de l'aménagement externe de la zone d'Almou.....	70
Figure 18 : Caractéristiques de la première khattara dans la zone d'Almou	71
Figure 19 : Description de l'aménagement externe d'irrigation d'Oussikis.....	73
Figure 20 : Interconnexion des séguias dans la zone d'Oussikis	76
Figure 21 : Tour d'eau à Almou	80
Figure 22 : Tour d'eau à Oussikis	82
Figure 23 : Aménagement interne de type raie courte à M'Semrir	85
Figure 24 : Aménagement interne de type calant à M'Semrir.....	86
Figure 25 : Répartition amont-aval des douars	89
Figure 26 : Localisation des points de mesure dans la zone de M'Semrir	92
Figure 27 : Mesures à Almou.....	92
Figure 28 : Profil en travers entre séguia principale et séguia en terre.....	95
Figure 29 : Courbe d'avancement dans un calant de type moyen de la parcelle.....	99
Figure 30 : Comparaisons des besoins bruts annuels par spéculations et par efficacités	102
Figure 31 : Comparaisons entre besoins en eau totaux selon les efficacités.....	102
Figure 32 : Variation annuelle du niveau de l'Oued Dadès entre 2012 et 2022	103

Figure 33 : Variation annuelle des besoins en eau des cultures.....	103
Figure 34 : Variation interannuelle des besoins nets par culture	105
Figure 35 : Comparaison entre le besoin net total des cultures et les volumes apportés.....	106
Figure 36 : Comparaison entre besoins et doses apportées par les agriculteurs à M'Semrir.	106
Figure 37 : Impact du barrage sur l'assolement d'Oussikis.....	107
Figure 38 : Evolution des rendements des cultures à M'Semrir	108
Figure 39 : Evolution de la valorisation de l'eau agricole à M'Semrir	109

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Irrigation par bassins (robtas) à M'Semrir dans le Haut Atlas marocain.....	18
Photo 2 : Dispositif d'irrigation par planche dans une parcelle de pommiers à M'Semrir dans le Haut Atlas marocain	19
Photo 3 : Irrigation à la raie classique à M'Semrir dans le Haut Atlas marocain.....	20
Photo 4 : Répartition des débits suivant le ratio 1/2-1/2 entre deux séguias à Outat El Haj ...	27
Photo 5 : Barrage d'Oussikis en Avril 2022.....	51
Photo 6 : Station de pompage solaire destinée à l'abreuvement du cheptel.....	53
Photo 7 : Station de pompage solaire des eaux souterraines pour l'irrigation à Almou	53
Photo 8 : Deuxième khettara dans la commune rurale de M'Semrir	54
Photo 9 : Trou d'accès à la première khettara dans la zone de M'Semrir	54
Photo 10 : Dépôt de sel dans une séguia où circulent des eaux pompées à M'Semrir	55
Photo 11 : Traces de produits chimiques de lessive dans une séguia de M'Semrir.....	55
Photo 12 : Ouggoug 4 dans la zone de M'Semrir	65
Photo 13 : Dalle de franchissement	66
Photo 14 : Point de rencontre entre une séguia de renforcement en terre et une séguia principale en béton dans la zone de M'Semrir.....	67
Photo 15 : Prises d'irrigation dans la zone de M'Semrir.....	69
Photo 16 : Prise 30*30 cm en bon état à Imi N'Ouarg.....	69
Photo 17 : Vanne de Contrôle au niveau du Ouggoug 5 de M'Semrir	70
Photo 18 : Bassin de stockage de l'eau de la khettara	72
Photo 19 : Tanast dans un seau d'eau.....	79
Photo 20 : Entretien de la première khettara à Almou.....	81
Photo 21 : Irrigation d'une parcelle aménagée en raies courtes à M'Semrir.....	85
Photo 22 : Irrigation des calants d'une parcelle à M'Semrir	86
Photo 23 : Fuite d'eau due à une fissure dans le corps de la séguia.....	97
Photo 24 : Fuite d'eau dans une prise fermée.....	97

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Efficiences du gravitaire au Maroc	35
Tableau 2 : Efficiences d'application par technique d'irrigation gravitaire	36
Tableau 3 : Caractéristiques du barrage d'Akka N'Oussikis	50
Tableau 4 : Caractérisation des exploitations agricoles à M'Semrir	56
Tableau 5 : Espèces élevées dans la commune de M'Semrir	58
Tableau 6 : Caractéristiques du réseau de séguias en béton de M'Semrir	66
Tableau 7 : Structuration du réseau de séguias principales à M'Semrir	67
Tableau 8 : Profondeurs pour le profil en travers d'une séguia en terre	68
Tableau 9 : Caractéristiques géométriques du bassin de stockage dans la zone d'Almou	72
Tableau 10 : Caractéristiques géométriques des séguias d'Almou	73
Tableau 11 : Caractéristiques descriptives du réseau d'irrigation d'Oussikis	75
Tableau 12 : Caractéristiques géométriques des séguias à Oussikis.....	76
Tableau 13 : Infractions et amendes dans la zone de M'Semrir	78
Tableau 14 : Organisation du tour d'eau à Almou	79
Tableau 15 : Grille des amendes à Oussikis	84
Tableau 16 : Caractéristiques géométriques des raies à M'Semrir	84
Tableau 17 : Caractéristiques géométriques des calants à M'Semrir	86
Tableau 18 : Facilité d'accès à la ressource le long de l'Oued Dadès	88
Tableau 19 : : Facilité d'accès à la ressource le long de l'Oued Oussikis	88
Tableau 20 : Résultats du calcul des débits à Almou.....	93
Tableau 21 : Identification des points de mesure en fonction des composantes du réseau	93
Tableau 22 : Débits mesurés en l/s par composantes du réseau	94
Tableau 23 : Calcul des efficiences dans les séguias principales	96
Tableau 24 : Calculs des pertes par infiltration dans les séguias en terre.....	98
Tableau 25 : Suivi de l'irrigation des calants d'une parcelle	99
Tableau 26 : Caractéristiques moyennes du calant sur la parcelle étudiée	99
Tableau 27 : Calcul du débit prélevé par l'agriculteur	100
Tableau 28 : Calcul du tirant d'eau dans le calant moyen de la parcelle	100
Tableau 29 : Besoins bruts annuels par spéculations dans la commune de M'Semrir	101
Tableau 30 : Volumes d'eau apportés selon les pratiques des agriculteurs de M'Semrir	104
Tableau 31: Dotation annuelle en eau de chaque culture de la zone d'étude	104
Tableau 32 : Evolution des rendements et valorisation de l'eau agricole à Oussikis.....	108

LISTE DES ABREVIATIONS

ABH-GZR	Agence du Bassin Hydraulique-Guir, Ziz, Rhéris
ABHDON	Agence du Bassin Hydraulique Drâa Oued Noun
AUEA	Association des Usagers de l'Eau Agricole
DPRP	Diagnostic participatif rapide et planification
Ea	Efficiencence d'application à la parcelle
Er	Efficacité d'application de l'eau à la parcelle
FAO	Food and Agriculture Organization - Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GSE	Gestion Sociale de l'Eau
GZRM	Guir, Ziz, Rhéris et Maïder
ORMVA	Office Régional de Mise en Valeur Agricole
ORMVA/TF	Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Tafilalet
ORMVAO	Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate
PMH	Petite et Moyenne Hydraulique
PO	Principes Ostromiens
PVC	Polychlorure de Vinyle
PW	Principes Wittfogeliens
RD	Rive Droite
RG	Rive Gauche
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
WUE	Water Use Efficiency

LISTE DES UNITES

%	pourcent
°C	degrés Celsius
cm	centimètres
DH/ha	dirhams par hectare
DH/m	dirhams par mètre
g/l	grammes par litre
h/ha	heures par hectare
ha	hectares
hab./km ²	habitants par kilomètre carré
kg	kilogrammes
kg/m ³	kilogrammes par mètre-cube
km	kilomètres
km ²	kilomètres carrés
l	litres
l/s	litres par seconde
m	mètres
m/s	mètres par seconde
m ³	mètres-cubes
m ³ /ha	mètres-cubes par hectare
m ³ /ha/an	mètres-cubes par hectare par an
m ³ /s	mètres-cubes par seconde
min	minutes
mm	millimètres
mm/mois	millimètres par mois
Mm ³	millions de mètres cubes
Qx	quintaux
Qx/ha	quintaux par hectare
Qx/m ³	quintaux par mètres-cubes
s	secondes
t	tonnes
t/ha	tonnes par hectare

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture irriguée marocaine a toujours été dominée par les grands périmètres irrigués auxquels sont rattachés les Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA). Ainsi, la majorité des projets de développement et d'aménagements hydroagricoles se concentre dans ces grands périmètres irrigués, délaissant d'une certaine manière les périmètres de petite et moyenne hydraulique (PMH). Les premières tentatives d'intervention dans les périmètres de PMH ont eu lieu en 1950 avec des actions de conservation ou d'amélioration du patrimoine déjà existant (construction d'ouvrages de captage en béton, réhabilitation des séguias avec du béton). Cependant, ce n'est qu'en 1967, lors de la formulation du plan quinquennal 1967-1972, que des objectifs précis ont été identifiés pour les aménagements des périmètres de PMH (MESNIL, 1972).

La PMH est définie comme l'ensemble des périmètres irrigués traditionnels où les superficies, faibles à moyennes, varient de moins de 100 ha à rarement plus de 5000 ha. Au Maroc, on dénombrait selon LAITH (2008), 2927 périmètres de PMH avec 66% de périmètres de moins de 100 ha mais les dernières études menées par les bureaux d'étude entre 2013 et 2014, évaluent ce nombre à environ 3940. Du point de vue superficie, les périmètres de PMH irrigués par des eaux pérennes représentent 35% de la superficie irriguée pérenne du Maroc (soit 484 000 ha), alors que ceux irrigués par des eaux saisonnières et de crues sont évalués à 300 000 ha. La mobilisation de l'eau d'irrigation est faite par des ouvrages de captage traditionnels (khetaras, norias, Ouggougs) qui relèvent d'un savoir-faire ancestral des communautés locales. A cet effet, les zones de PMH sont des zones régies par une organisation particulière et un mode de gestion traditionnelle séculaire transmis de génération en génération au sein des tribus qui ont de ce fait une très bonne connaissance de leur cadre de vie. C'est cette organisation particulière qui a permis à ces zones de PMH de survivre et de perdurer dans le temps (LAITH, 2008).

L'importance de la PMH dans l'économie marocaine se situe à deux niveaux. Tout d'abord, les périmètres de PMH sont répartis dans toutes les provinces et régions du royaume que ce soit en zones montagneuses ou en zones de plaines. Ensuite, le secteur de la PMH, véritable levier pour le développement et l'aménagement de l'espace rural, contribue à atténuer ne serait-ce qu'un tant soit peu le déséquilibre provoqué par le développement des grands périmètres irrigués et des villes. Il participe aussi énormément dans la production agricole nationale avec 58% pour les cultures maraîchères, 25% pour les fourrages, 23% pour les agrumes et 21% pour les légumineuses (LAITH, 2008).

Malgré toutes ces potentialités, le secteur de la PMH spécialement en milieu oasien, se voit confronté de nos jours à de nombreux problèmes qui freinent son plein développement. Il s'agit notamment des changements sociaux qui prennent de plus en plus d'ampleur comme l'exode rural ou les tentatives de développement de techniques modernes en agriculture qui occasionnent de plus grandes pressions sur les ressources déjà rares. A cela s'ajoute les effets du changement climatique qui, selon FALEH (2018), provoquent dans les oasis la rareté d'eau, la désertification et la répartition irrégulière des précipitations dans l'espace et le temps, ce qui contribue à fragiliser davantage les oasis, posant ainsi des problèmes de durabilité et menaçant même d'extinction ces périmètres oasiens de PMH (AIT-EL-MOKHTAR et al, 2022).

Pour faire face à cela, le Maroc s'est engagé depuis un certain nombre d'années, dans une politique de développement et de protection des milieux oasiens. L'exemple le plus parlant était le Plan Maroc Vert (PMV) dont l'un des quatre principaux programmes était le programme de réhabilitation et de sauvegarde des périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique (PMH). Ce programme avait pour but l'amélioration de l'efficacité de l'infrastructure d'irrigation traditionnelle au niveau des périmètres de PMH (Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et de la Pêche Maritime).

Allant dans le même sens, le Projet Massire a vu le jour en 2019. Ce projet qui s'étendra jusqu'en 2023, a pour but de « *renforcer les capacités des acteurs des zones oasiennes et arides du Maghreb pour développer et mettre en œuvre des innovations permettant un développement durable de ces territoires* » (Massire, 2022). Il s'intéresse à la caractérisation des pratiques agricoles, de l'usage et de la gestion de l'eau ainsi que des modes d'organisation des territoires. C'est d'ailleurs dans ce sens que le travail de ce projet de fin d'études intitulé « *Interactions ressources et usages de l'eau en oasis de montagne : cas des gorges du Dadès dans le Haut Atlas* » a été conduit dans le cadre de ce projet. Ce projet de fin d'études a été mené dans la commune de M'Semrir, PMH de montagne située en amont des gorges du Dadès dans le Haut Atlas marocain. La PMH de M'Semrir a un contexte marqué par une agriculture de subsistance qui n'arrive pas à satisfaire tous les besoins des agriculteurs de la zone. Elle présente un morcellement excessif des terres agricoles alors qu'elle fait face à une raréfaction de la ressource en eau et une grande pénurie d'eau surtout en période estivale, ce qui impacte fortement la production agricole de la zone. En plus de cela, les effets du changement climatique (augmentation des températures, irrégularité et baisse des précipitations pluvieuses et neigeuses) rendent encore plus difficile le développement de l'agriculture dans la zone.

La problématique de ce travail met donc l'accent sur la caractérisation des différentes pratiques d'usage de l'eau agricole et sur l'identification des différents modes de gestion de l'eau dans la PMH de M'Semrir afin d'explorer les voies d'amélioration des pratiques de l'irrigation et de gestion de l'eau pour assurer la durabilité de l'agriculture irriguée dans cette PMH. Elle peut s'articuler autour des questions suivantes :

- Quelle est la structuration du réseau d'irrigation et les pratiques d'irrigation dans la commune ?
- Quels sont les différents modes de gestion de l'eau dans la zone d'étude ?
- Quelles sont les performances de l'irrigation et des pratiques de gestion de l'eau ?

Pour répondre à ces questions les objectifs suivants ont été assignés à ce présent travail :

- Caractériser le système gravitaire au niveau de la zone d'étude à travers le calcul des performances hydrauliques et l'évaluation des pertes d'eau par infiltration ;
- Identifier et apprécier les modes de gestion et de partage de la ressource en eau ;
- Evaluer les performances agronomiques de l'irrigation dans la commune.

La démarche adoptée pour atteindre ces objectifs est basée sur la combinaison d'enquêtes avec les agriculteurs et de mesures réalisées pendant une phase de terrain d'un mois. Les données collectées ont fait l'objet d'analyses, de calculs et d'interprétations qui ont permis d'atteindre les objectifs fixés et de répondre à la problématique abordée.

PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE DES PERIMETRES OASIENS DE PMH

I. Définition générale et caractérisation des périmètres oasiens

1. Définition générale

Les origines du mot Oasis remontent à vers 450 avant J.C. où le géographe Hérodote l'a employé pour décrire une agglomération en Egypte appelé Kharga (MUNIER, cité dans TOUTAIN et *al*, 1989). De cette définition on peut déjà comprendre qu'une oasis est une zone habitée où se développe par conséquent différentes activités, contrairement aux idées reçues qui pointent les oasis comme des zones désertiques isolées dépourvues de toute présence humaine.

De nos jours, le mot Oasis est souvent employé pour faire référence aux palmeraies des zones arides bien que de nombreuses oasis comme par exemple les oasis froides ne montrent aucun palmier dattier (TOUTAIN et *al*, 1989).

Pour écarter toute confusion, on peut retenir cette idée de LACOSTE (1985) qui définit les oasis « comme des espaces cultivés intensivement dans un milieu désertique ou fortement marqué par l'aridité ». Cette aridité est marquée par un déficit accentué entre précipitations et évaporation, lequel déficit s'explique par les températures élevées ainsi que les nombreux vents desséchants (TOUTAIN et *al*, 1989). On peut donc retenir de cette définition le caractère dépendant des oasis vis-à-vis des aléas climatiques.

Pour finir, l'oasis peut être définie comme un écosystème que l'homme conduit et maintient par une gestion rigoureuse des différentes ressources naturelles dans le contexte très défavorable d'un milieu soumis à une aridité constante (MEKNI, 2011).

Au vu de toutes ces définitions proposées par ces auteurs, on peut dire qu'une oasis est un milieu de vie à part entier où habitent des populations qui interagissent avec leur environnement pour développer différentes activités et cela dans un contexte climatique difficile.

2. Périmètres oasiens du Maroc

2.1. Cartographie des oasis marocaines

Les oasis marocaines se concentrent dans les régions du sud et du sud-est marocain. Elles s'inscrivent dans une zone s'étendant sur une superficie de 107 324 Km² soit environ 15% de

la superficie nationale marocaine et rassemblaient 1.6 millions d'habitants représentant près de 5,3% de la population mondiale (FAO, 2017).

La Figure 1 présente les différentes oasis marocaines et algériennes. Les oasis marocaines se répartissent entre onze provinces qui sont : Figuig, Errachidia, Ouarzazate, Tata, Tiznit, Guelmim, Tan-Tan, Laâyoune, Smara, Boujdour et Oued Eddahab. Les principales oasis marocaines sont d'Est en Ouest, les zones de palmeraies suivantes : Figuig, Boudenib, Tafilalet, Goulmima, Tinejdad, Vallée de l'oued Dadès, Vallée de l'oued Draâ (LARBI, S. H., 1989).

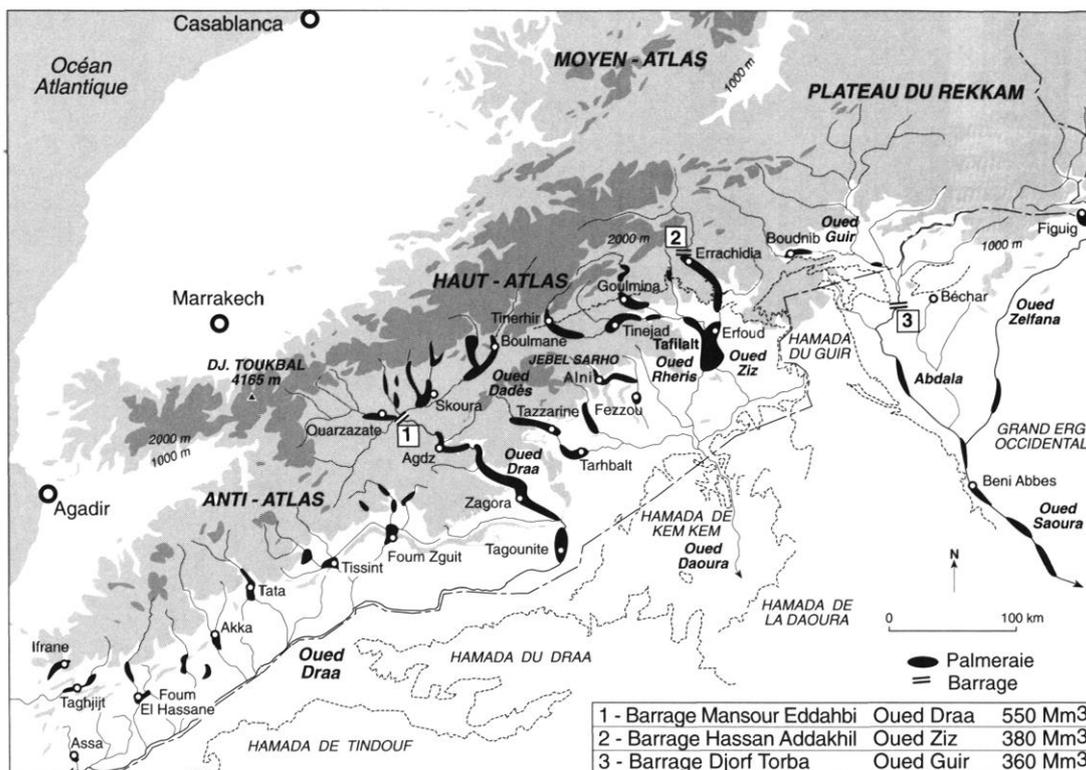


Figure 1: Les Oasis du Maroc et d'Algérie

(Source : COTE, 2002)

2.2. Histoire des oasis marocaines

Selon JACQUES-MEUNIE (1972), l'histoire des oasis marocaines est marquée par la succession et le mixage de très anciennes civilisations. En effet, les populations oasiennes du Sud seraient à la base, descendantes d'une population noire ou négroïde qui a constitué le royaume des Kouchites du Dra entre le X^e siècle et le V^e siècle avant Jésus Christ. Cette population noire dont le Roi résidait à Tazroute (Tazagourte en Berbère ou Jebel Zagora en arabe), était une population sédentaire qui s'adonnait à l'agriculture. Toujours vers le X^e siècle

de la même période, apparurent dans le coude du Draa, des populations blanches de Philistins venues de Palestine et qui étaient reconnues comme descendants de Jaloute (ou Goliath) que certaines tribus de l'Atlas oriental reconnaissent de nos jours comme leur ancêtre.

JACQUES-MEUNIE (1972) ajoute qu'à la poursuite des Philistins d'abord sous le commandement de Joab, Général du Roi David et sous l'impulsion du roi Salomon pour la recherche des pays producteurs d'or, les Juifs arrivèrent dans les régions sud du Maroc au niveau du coude du Draa à Tidri. Ils s'installèrent ainsi près de l'Oued Draa alors appelé Oued aux Oliviers (Oued ez-Zitoune) et se multiplièrent en remontant vers l'amont de la vallée du Draa où ils firent de Tameggroute la capitale du royaume juif dont la domination politique s'étendit du VII^e au XI^e siècle, après avoir éteint le royaume des Kouchites vers le V^e siècle après Jésus-Christ par l'occupation du Jebel Zagora. Le royaume juif sera alors prospère jusqu'au milieu du XI^e siècle où les Berbères nomades musulmans du désert plus connus sous le nom de Sanhaja Almoravides s'empareront du Jebel Zagora (XI^e au XII^e siècle) après avoir conquis la ville de Sijilmassa située au Nord-Est du Draa (actuel oasis du Tafilalet). Sijilmassa était une ville très prospère fondée au milieu du VIII^e siècle par des Berbères Zénètes. Sa prospérité était due à sa présence sur un site très favorable, la vallée du Ziz, où la ressource en eau était très abondante et faisait ainsi de ce lieu un carrefour incontournable de commerce et d'échanges entre les caravanes venant du Sud et allant vers la Méditerranée et l'Europe. Son occupation par les almoravides n'a aucunement entaché son essor économique et social, mettant ainsi en exergue l'équilibre des oasis malgré l'invasion des grands nomades berbères qui bien qu'étant des conquérants étaient issus d'un Etat organisé et civilisé connaissant la culture d'Orient. Ce n'est qu'avec l'arrivée à l'Est des Arabes nomades, les Maâqils, à partir du XIII^e siècle que l'agriculture et le commerce verront leur décadence suite aux invasions anarchiques de ces derniers.

Les Maâqils sont venus de Tunisie dès le début du XIII^e siècle. Ils se sont rapidement multipliés et ont fini par occuper toute la zone des oasis marocaines au milieu du même siècle, établissant ainsi leur pouvoir et leur domination sur les populations berbères sédentaires. A la fin du XIV^e siècle, presque toutes les organisations politiques et les structures qui régissaient les différentes provinces du Sud avaient disparu ou étaient remplacées par l'autorité cruelle et anarchique des Maâqils. S'en est suivie l'éteinte du commerce de Sijilmassa puisque les Maâqils qui occupaient toute la région coupaient les routes et attaquaient les caravanes. Jusqu'au XVIII^e siècle, les Maâqils continueront de semer la zizanie dans les organisations et les affaires des Berbères, jusqu'à ce qu'ils finissent par fusionner avec ceux-ci pour former la confédération

connue de nos jours sous le nom de Tekna. Mais cela ne s'est pas fait sans bain de sang, puisque les Maâqils ont rencontré une résistance farouche de certains Berbères du Draa conduit par leurs Imezouarenes (chefs héréditaires) alors alliés avec les Portugais à Agadir qui leur ont fourni des armes. De nos jours, les Berbères blancs habitant dans le Draa sont principalement des Aït Aâta, pasteurs montagnards qui n'ont commencé à s'installer dans le Draa qu'entre le début du XIX^e et le début du XX^e siècle (JACQUES-MEUNIE., 1972).

2.3. Types d'oasis marocaines

Il existe différents critères de classification des oasis parmi lesquels l'ancienneté, le type de ressource en eau, les cultures pratiquées, la situation géographique, et bien d'autres. Mais parmi ces critères, celui que l'on juge assez représentatif et caractéristique des oasis est certainement le type d'accès à la ressource en eau. Sur la base de ce critère CHAROY et *al* (1990) identifie quatre types d'oasis qui sont :

- **Les oasis de dépression**, situés en contre-bas des montagnes ou des plateaux et dont l'eau provient des écoulements provenant des montagnes ou plateaux ;
- **Les oasis de montagne**, situés en altitude et qui bénéficient de pluies causées par les hauts reliefs (cas du Dadès) ;
- **Les oasis fluviales**, situées généralement dans des plaines et qui sont traversées par des fleuves superficiels ou souterrains (cas du Draa, de la Saoura, de Todgha) ;
- **Les oasis artificielles**, où l'eau est obtenue par le travail de l'homme via des puits ou des galeries.

II. Contexte économique et sociodémographique

1. Contexte économique

Autrefois marginalisées à cause de l'expansion économique rapide des pays riches et à cause des techniques traditionnelles oasiennes considérées comme inefficaces face aux techniques modernes, le contexte économique oasien a vu l'émergence de nouvelles données sociales et économiques. A cet effet, on observe l'apparition de nouveaux emplois salariés dans les oasis ou à l'étranger pour la réalisation de grands chantiers routiers, de grands aménagements de périmètres agricoles et d'équipement hydraulique. Cette nouvelle donne a créé ce que TOUTAIN et *al* (1989) ont appelé « une hémorragie de la force de travail des oasis ».

On peut y ajouter également une augmentation progressive du degré d'intensification de l'exploitation des ressources naturelles ainsi qu'une accentuation des disparités

socioéconomiques dans les oasis puisque cette intensification implique une augmentation des besoins en eau alors que la ressource elle ne fait que se raréfier (BEN BRAHIM, 2015).

Récemment on assiste à une volonté des Etats et gouvernements à protéger et développer les oasis, ce qui impacte fortement le paysage économique des oasis. Des projets de développement de périmètre irrigué, de rénovation ou d'extension voient de plus en plus le jour en zone oasienne. On peut citer à titre d'exemple le projet OASIL pour la revitalisation des agroécosystèmes oasiens par une approche intégrée et durable du paysage dans la région Drâa-Tafilalet durant la période 2017-2021 (FAO, 2017).

L'économie oasienne est très diversifiée et soumise à de profondes mutations, mais ABOULBARAKET ET OUZOUBAIRE (2016) ont su bien reprendre les caractéristiques générales de l'économie oasienne : économie de subsistance fondée sur une combinaison entre agriculture élevage et autres activités rémunératrices en dehors de l'exploitation, forte dépendance des grandes villes en matière d'approvisionnement en produits divers, forte dépendance des mandats des migrants dans les grandes villes marocaines ou à l'étranger, essor du tourisme.

2. Contexte sociodémographique

Le contexte sociodémographique des oasis marocaines est marqué par une population en constante croissance voire une démographie galopante. Selon la Direction de l'Aménagement du Territoire, les oasis du Tafilalet présentent une démographie urbaine qui dépasse les 2% d'accroissement en 2004. Ce qui implique une plus forte pression sur les ressources naturelles notamment sur la ressource en eau qui sont déjà mobilisées dans leur quasi-totalité.

D'autres caractéristiques sociodémographiques des oasis sont la diversité des groupements ethniques et des tribus sédentarisés au sein de l'oasis, l'existence d'organisations sociales pour une meilleure gestion de la ressource en eau et des autres ressources naturelles, l'architecture particulière et distinguée (ABOULBARAKET ET OUZOUBAIRE, 2016).

Le milieu oasien est donc un espace enclin à une forte et rapide croissance démographique dans lequel se développe plusieurs organisations sociales entre les différentes tribus qui y cohabitent, pour une meilleure gestion des ressources naturelles.

3. Nouvelles dynamiques en milieux oasiens

Le XX^e siècle a vu la naissance de nouvelles dynamiques oasiennes qui ont complètement bouleversé le milieu oasien aussi bien sur les plans socioéconomiques que sur les plans

environnementaux et agricoles. On assiste de plus en plus à la naissance de projets agricoles d'extension sous l'initiative gouvernementale ou locale, qui viennent s'ajouter aux oasis phoenicoles étagées classiques. L'oasis traditionnelle côtoie alors l'oasis moderne représentée par les zones d'extension, suscitant ainsi d'importants changements dans les pratiques et règles de gestion traditionnelles du milieu oasien (BOUAZIZ et al, 2017).

L'essor spectaculaire de ces projets d'extension s'explique par des facteurs exogènes liés à la profonde volonté des Etats à développer l'ensemble de leur territoire en intégrant les oasis auparavant fermées, dans le processus de développement national à travers leur ouverture à l'économie de marché par la construction d'infrastructures routières. La florescence des projets d'extension s'explique également par des facteurs endogènes tels que l'existence d'un potentiel hydrique souterrain très élevé dans certaines oasis mais également le riche potentiel humain du Sahara et son savoir-faire transmis de générations en générations (COTE, 2002).

D'un point de vue chronologique, la modification des dynamiques oasiennes traditionnelles a commencé par la maîtrise des eaux avec la construction de barrages dans le Draa et le Tafilalet pour la gestion des crues et la régularisation des apports (lâchers réguliers dans le lit de l'oued). A cela s'ajoute les projets de réhabilitation des réseaux d'irrigation comme par exemple le projet PMH Dadès ou encore le Projet de Développement Rural dans la Vallée du Dadès (COTE, 2002 et ORMVAO, 2007).

Les dynamiques oasiennes étant marqué par les projets d'extension, il faut nécessairement faire une distinction entre les différents types d'extension. A cet effet, on distingue les extensions au sein des oasis et les extensions hors des oasis. Au nombre des extensions au sein des oasis, on distingue :

- Les extensions régulières et adaptatives qui dépendent de l'abondance des ressources en eau. On peut citer à titre d'exemple les augmentations de superficie agricoles au sein des oasis en cas de bonne année pluviométriques ;
- Les extensions de remplacement de superficies perdues qui consistent en l'aménagement et au partage entre les ayant-droits, des terres environnantes de l'oasis pour agrandir les palmeraies suite à l'ensablement et au morcellement des terres à l'intérieur de l'oasis ;
- Les extensions internes marginales qui rassemblent des surfaces normalement destinées à l'hébergement des agriculteurs victimes d'inondations qui ont perdu leurs parcelles mais que certains utilisent de façon illicite à des fins de production agricole.

Les extensions hors des oasis renvoient généralement aux projets d'extension portés par le gouvernement en vue de développer les zones oasiennes. Ce sont le plus souvent de nouvelles surfaces qui présentent un potentiel intéressant d'aménagement de périmètre de PMH en tenant compte de la relative abondance des ressources en eau superficielles comme souterraines (ABOULBARAKET ET OUZOUBAIRE, 2016).

III. Système de production oasien

Les systèmes de production oasiens sont complexes et diversifiés. Ils dépendent de l'histoire, de l'accès à l'eau, et même de la situation agro-climatique de l'oasis. La combinaison de ces facteurs permet cependant de faire une distinction entre les systèmes intensifiés marocains et les systèmes de simple cueillette alliant élevage extensif. Venant à l'élevage, tous s'accordent sur le fait qu'il occupe une place importante dans le système de production oasien qui se caractérise par cette véritable combinaison agriculture-élevage : le fumier (hamal en berbère) des élevages est une ressource précieuse pour la fertilisation des sols destinés à l'agriculture dont les produits servent à l'alimentation de ces troupeaux (TOUTAIN et al, 1989).

1. Types de systèmes de production oasiens

Les types de systèmes de production oasiens sont multiples et varient selon les auteurs.

Pour DOLLE (1984) cité dans TOUTAIN et *al* (1989), il y aurait trois systèmes de production oasiens : les oasis de cueillette, les oasis de survie et les agro-systèmes oasiens. Les oasis de cueillette sont des oasis où les travaux agricoles se limitent à la récolte des dattes et parfois à la pollinisation des palmiers. Ce sont des oasis où les habitants sont généralement des pasteurs nomades, grands transhumants qui ne viennent dans l'oasis que lors de la période de récolte. Les oasis de survie sont quant à eux des oasis assez bien entretenues et irrigués avec palmiers-dattiers rarement en associations avec d'autres cultures. Les habitants sont souvent des éleveurs qui ont perdu leurs troupeaux et pratiquent l'agriculture sous palmeraie dans l'espoir de reconstituer avec le temps leur cheptel. Les agro-systèmes oasiens sont des oasis cultivées en bon état avec une variété de cultures sous-jacentes en association et différemment intensifiés. On y trouve les palmiers-dattiers, les arbres fruitiers, les céréales, les fourrages, le maraîchage, sans oublier évidemment l'élevage.

L'analyse des systèmes de production oasiens des palmeraies de BOUAYAD et *al* (2004) citée dans ABOULBARAKET ET OUZOUBAIRE (2016), reconnaît aussi trois principaux types de systèmes de productions oasiens. Le premier système de production est dit traditionnel et se caractérise par une production animale très limitée et une production végétale très diversifiée

(palmiers-dattiers, cultures fourragères, oliviers). Le but de ce système est d'assurer l'autoconsommation familiale et l'entrée de revenus de subsistance à travers la vente des dattes et olives. Le deuxième système est appelé système intermédiaire. Il se caractérise par un élevage d'environ quinze têtes d'ovins en moyenne et une production végétale, toutes orientées vers le marché. Les ménages disposent de capacités d'épargne, d'investissements et de production relativement importants. Le dernier système de production est le système moderne qui se caractérise par un cheptel important et une production végétale focalisée sur la production de dattes à haute valeur marchande. On peut y observer la production de céréales, de luzerne et de maraîchage mais dans le seul but d'assurer l'autoconsommation des ménages. L'objectif de ce système est la réalisation de profits et la rentabilité économique puisqu'il dispose de moyens de production, d'épargne et d'investissement importants.

Peu importe donc les auteurs, on peut retenir que les systèmes de production oasiens sont marqués par la coexistence entre l'agriculture et l'élevage. Ce qui les différencie est l'orientation donnée par les habitants oasiens à leur production et les moyens dont ils disposent pour réaliser leurs objectifs.

2. Système de cultures oasien

D'après SBAÏ (2011) cité dans HOUSSNI et *al* (2020), les oasis marocaines s'étendent sur une superficie de 48 000 ha répartis sur tout le Sud et le Sud-Est marocain. Elles présentent une riche diversité de ressources phylogénétiques (BELARBI et *al*, 2004 citée dans HOUSSNI et *al*, 2020). Cette riche diversité est d'autant plus illustrée par HOUSSNI et *al* (2020) qui ont recensé au total 50 cultures différentes (4 céréales, 5 légumineuses, 23 maraîchages, 5 fourrages et 13 arbres fruitiers) lors d'une étude menée sur 4 oasis marocains à savoir Alnif, Aoufous, Rich et Zagora. Pour aller plus loin, la diversité des cultures oasiennes a d'ailleurs valu l'intégration des palmeraies de la région Draa-Tafilalet dans la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain (RBOSM) reconnue par l'UNESCO en 2000.

Selon ACHERKOUK et *al* (2003) citée dans HOUSSNI et *al* (2020), les systèmes de cultures oasiens sont structurés généralement en trois étages : un premier étage de palmiers-dattiers jouant le rôle de brise-vents et de protection des cultures sous-jacentes ; un deuxième étage constitué d'arbres fruitiers (oliviers, pommiers, figuiers, abricotiers, pruniers, etc.) ; et le dernier étage tout en bas, qui regroupe les cultures céréalières, fourragères, et maraîchères. Selon la situation géographique des oasis, on assiste à différentes combinaisons entre ces différents étages de cultures.

2.1. Etages de cultures

Il existe en général trois étages de cultures en milieu oasien dont l'existence dans chaque oasis dépend de la situation géographique de celle-ci. Pour ce faire, l'ORMVATF (2012) cité dans KABOURI (2015) résume la combinaison des différents étages en fonction des situations géographiques comme suit :

- **La zone de montagne** dont le système de culture comprend deux étages : l'étage des arbres fruitiers représentés par le pommier, le poirier, le cognassier, etc. et l'étage des cultures basses représentés par les céréales, les fourrages et la pomme de terre comme culture maraîchère. Ce type de culture est souvent rencontré dans le Haut Ziz, le Haut Dadès, le Haut Guir et le Haut Ghéris.
- **La zone intermédiaire** caractérisée par les trois étages suivants : le palmier-dattier comme étage supérieur, l'olivier comme étage intermédiaire et les cultures basses de céréales, fourrages et maraîchage comme étage inférieur. Cette zone est fréquente dans les vallées moyennes du Ziz, Ghéris et Guir.
- **La zone de plaine** qui comprend une culture à deux étages : le palmier-dattier et les cultures basses de céréales, fourrages, henné. Cette zone est également caractérisée par un élevage intensif des ovins. On peut rencontrer ce type de système de culture dans la plaine du Tafilalet et dans le bas Ghéris.

Cette identification des systèmes de cultures oasiens est aussi reprise par M'GHAR (2015) qui parle plutôt de type 1, type 2, type 3 pour identifier respectivement les systèmes de cultures des zones montagneuse, intermédiaire et de plaine.

2.2. Les cultures pratiquées dans les oasis

LARBI (1989) a essayé d'identifier les principales cultures pratiquées dans les oasis. Il présente ainsi le palmier-dattier comme un arbre de providence pour les oasis. Par la suite, il s'arrêtera d'abord sur l'arboriculture, puis les céréales, les cultures fourragères, les cultures maraîchères et les cultures spéciales dont il juge que l'importance est fonction de cet ordre qu'il a choisi.

2.2.1. Le palmier-dattier : arbre de providence

Selon LARBI (1989), le palmier-dattier représente l'arbre de providence des systèmes de production oasiens pour trois principales raisons. Premièrement le palmier-dattier est un arbre qui s'adapte très bien au contexte climatique aride des oasis d'où le nombre élevé de plants dans les palmeraies du Sud marocain (environ 12 millions de plants au début du siècle). Deuxièmement, le palmier-dattier donne des fruits et des sous-produits dont la valorisation

rapporte beaucoup aux populations oasiennes. A titre d'exemple, les palmeraies du Sud ont une production annuelle moyenne de 100 000 tonnes. La troisième raison est que le palmier-dattier participe à la création d'un microclimat favorable au développement des arbres et des cultures sous-jacentes au sein des oasis.

Malheureusement cet arbre de providence fait les frais du *Fusarium oxisporum* plus connu sous le nom de maladie de Bayoud qui est une maladie encore incurable qui, malgré les nombreuses recherches en cours, affecte un nombre considérable de palmiers. L'exemple le plus parlant est la réduction des 12 millions de plants de palmiers en début du siècle à seulement 5 millions de plants (Ministère de l'Agriculture, 2010, cité dans ABOULBARAKET ET OUZOUBAIRE, 2016).

2.2.2. L'arboriculture oasienne

L'arboriculture oasienne est une arboriculture très variée qui peut être subdivisée en deux sous-secteurs : une arboriculture traditionnelle destinée à l'autoconsommation et une arboriculture commerciale (olivier, pommier, amandier, noyer, abricotier, cognassier, prunier, etc.).

A titre indicatif, l'olivier représente la culture dominante de l'arboriculture et se hisse ainsi à la deuxième place après le palmier-dattier. Le pommier quant à lui n'est pratiquée que dans les zones d'altitude où règnent relativement le froid.

2.2.3. Les céréales

La céréaliculture oasienne reste très importante dans les oasis car elle est le garant des produits de consommation humaine et animale. Elle est dominée par les cultures comme l'orge, et le blé (dure et tendre) qui s'adaptent respectivement aux plaines et aux vallées. Ce sont des cultures peu exigeantes en eau qui occupent une superficie emblavée de 157 000 ha entre Errachidia, Ouarzazate, Tata, Guelmim et Bouarfa. L'orge joue le rôle d'excellent fourrage d'hiver coïncidant avec la chute de production de la luzerne (M'GHAR, 2015).

2.2.4. Les cultures fourragères

Contre toute attente, la culture fourragère dominante dans les oasis est la luzerne avec une superficie totale de 19 900 ha soit 11% des superficies cultivées, malgré son caractère exigeant en eau. Elle occupe une place importante puisqu'elle participe à l'alimentation des troupeaux oasiens. D'un point de vue agronomique, les cultures fourragères participent à améliorer la structure et la fertilité des sols oasiens. En ce qui concerne les autres cultures fourragères, on peut observer souvent le maïs fourrager en dérobée dans les parcelles agricoles oasiennes.

2.2.5. Les cultures maraichères

Elles occupent 3 à 10% des superficies oasiennes cultivées et peuvent contribuer jusqu'à hauteur de 25% dans le revenu des exploitants. La principale culture maraîchère rencontrée est la pomme de terre mais il arrive qu'on y rencontre la carotte, les navets, l'oignon, la tomate, etc.

2.2.6. Les cultures spéciales

Ce sont des cultures de rente cultivées généralement pour leur valeur économique importante sur le marché. Les plus rencontrées sont le henné, le rosier, le safran et le cumin.

3. Système de production animale

La production animale reste une composante clé des systèmes de production oasiens. Elle est dominée par différentes espèces bovine, ovine, caprine, cameline, asine.

3.1. Types d'élevage

LARBI (1989) reconnaît deux types d'élevage en zones oasiennes : l'élevage intensif associé aux exploitations phoenicoles et l'élevage extensif associé aux zones de parcours.

L'élevage intensif dans les exploitations phoenicoles est dominé par les espèces bovine et ovine. L'alimentation des troupeaux provient généralement des parcelles cultivées au sein de l'oasis et se compose de luzerne et de sous-produits agricoles. La période critique de l'alimentation des troupeaux s'étend de décembre à février, correspondant à la période de repos végétatif de la luzerne. Pour pallier à ce problème, les éleveurs ont recours surtout à l'orge et à d'autres produits comme les déchets de dattes ou la pulpe sèche.

L'élevage extensif est associé aux zones de parcours et dépend en grande majorité des ressources pastorales. Il regroupe un cheptel estimé à 1 500 000 ovins, 1 500 000 caprins et 50 000 camelins, conduit par des éleveurs transhumants à la recherche de pâturage.

3.2. Espèces constitutives du cheptel

Le troupeau d'ovins des oasis du Sud marocain est caractérisé par la dominance de la race D'MAN qui compte plus 200 000 têtes pour l'élevage intensif regroupés à 90% entre Errachidia et Ouarzazate. L'élevage D'MAN, reconnue pour son double agnelage, permet de valoriser les sous-produits de culture comme la paille, les déchets de dattes, etc. en produisant du fumier pour l'intensification agricole. La bonne résistance et l'adaptation de la race D'MAN aux aléas climatiques lui permet de fournir une bonne production animale destinée à l'autoconsommation et à la trésorerie de l'éleveur.

Les espèces bovines des élevages oasiens sont dominées par les races locales à hauteurs de 160 000 têtes dans les zones d'élevage intensif, mais il arrive qu'on y trouve les races améliorées « Pie Noire » et « Tarentaise » dans les zones périurbaines (LARBI, 1989).

IV. Ressources en eau du milieu oasien

L'eau dans le monde oasien constitue une ressource rare. C'est elle qui conditionne dans un premier temps l'existence ou non des oasis, puis au fur et à mesure qu'elle disparaît l'oasis s'éteint. Selon CHAROY et al (1990), les ressources en eau du milieu oasien sont essentiellement des sources, des cours d'eau, des lacs et des eaux souterraines.

1. Ressource en eau superficielle

Les ressources en eau superficielles sont les sources, les cours d'eau et les lacs. Les sources et les lacs sont généralement utilisés à l'état naturel mais il arrive souvent que ces sources soient améliorées par captage ou curage.

L'ensemble des cours d'eau du milieu oasien regroupe des cours d'eau pérennes et des cours d'eau intermittents. Ces cours d'eau sont les ressources utilisées pour l'irrigation via des ouvrages de dérivation comme des déversoirs et des barrages temporaires ou permanents appelés « Ouggougs ». L'eau provenant de ces cours d'eau peuvent être stockés dans des retenues artificielles, des bassins ou des aires aménagées recueillant l'eau de surface (CHAROY et al, 1990).

Allant plus en profondeur, BEN BRAHIM (2015) affirme que les cours d'eau des oasis, plus spécialement de celles du Tafilalet, n'offrent jamais de débit constant même pour les cours d'eau dit pérennes qui, provenant généralement du Haut Atlas sont soit sujets aux aléas climatiques et présentent de faibles débits, soit sujets aux crues et offrent des débits importants.

Pour stabiliser ces débits des cours d'eau alimentant les oasis, l'ABH-GZR montre qu'il y a eu la construction de différents barrages comme le barrage de Mansour Eddahbi entré en service en 1972 près de Ouarzazate et le barrage Hassan Addakhil, construit sur l'Oued Ziz et mis en service en 1971. Ces barrages ont pour rôle le stockage des eaux de crues en vue de leur valorisation plus tard à travers des lâchers dans les lits de l'oued pour assurer un certain débit pour l'irrigation des oasis. En plus de ces grands barrages, il y a également la construction de petites retenues et de barrages collinaires pour assurer une certaine stabilité de la ressource en eau dans certaines oasis. On peut citer à titre d'exemple le lac collinaire Akka N'Oussikis construit en 1986 dans la commune de M'Semrir reconnue pour être une oasis de montagne.

2. Ressource en eau souterraine

Les ressources en eau souterraines des oasis sont utilisées par le moyen de forages, de puits ou de galeries souterraines appelées khattaras. On a évalué à plus de 300 khattaras pour environ 450 km de galeries, le nombre de galeries souterraines dans le Tafilalet au début du XX^e siècle (BEN BRAHIM, 2015). Les ouvrages de captage sont complétés souvent par des conduites pour assurer le transport et la distribution des ressources entre les différents ayant-droits. Ce transport et cette distribution de la ressource en eau est le résultat d'un ensemble de règles de gestion locales établies par les populations oasiennes entre elles et cela souvent depuis des temps immémoriaux.

3. Qualité de l'eau

Les analyses menées par l'ABH-GZR qui est une entité étatique responsable de la gestion des ressources en eau, montrent que les eaux superficielles du bassin GZRM qui rassemble la majorité des oasis du Sud marocain, sont de mauvaise qualité dans 40% des stations d'échantillonnage et de bonne à excellente qualité dans 38% des cas. Les 22% restants représentent les stations d'analyses sèches.

En ce qui concerne les eaux souterraines, les études menées par l'ABH-GZR ont montré que leur qualité est généralement très mauvaise dans 41% des cas et moyenne dans 38% des cas. La qualité de ces eaux se dégradent de plus en plus avec l'observation d'une salinisation progressive des nappes souterraines. A ce propos, l'ABH-GZR indique des concentrations de sels de 7 à 8 g/l pour la majeure partie des eaux souterraines du Tafilalet et cela est d'autant plus concernant qu'on observe une augmentation moyenne annuelle de cette salinité à hauteur de 0.1 g/l. Ce phénomène de salinisation des nappes n'est pas seulement limité aux oasis marocaines. Une étude menée en Tunisie par BEN AÏSSA et *al* (2004), montre que la majorité des oasis présente des problèmes de remontée de la nappe superficielle et de salinisation des sols. Sur 900 mm d'eau apportés par l'irrigation, 28 t/ha de sels sont apportés à la nappe souterraine.

Mais la situation n'est pas totalement catastrophique, puisqu'il existe des zones oasiennes où la nappe présente des endroits à qualité acceptable. On peut citer entre autres la nappe d'Errachidia qui présente une qualité moyenne ou bonne dans 57% des stations d'échantillonnages et la nappe de Goulmima-Tadighoust qui présente une eau de qualité moyenne dans toutes les stations d'échantillonnages (ABH-GZR, 2022).

V. Usages de l'eau en milieu oasien : pratiques de l'irrigation dans les périmètres oasiens

Le type d'irrigation fréquemment rencontré et dominant dans les périmètres irrigués oasiens est l'irrigation gravitaire. Cela s'explique par sa facilité de mise en œuvre et les coûts de consommation énergétique ou d'entretiens faibles ou nuls. Pour rappel, l'irrigation gravitaire se définit comme un ensemble de techniques où la répartition de l'eau se fait à la surface du sol sous l'effet de la pesanteur. L'eau est appliquée à la parcelle par ruissellement, submersion ou par techniques mixtes, à partir d'un canal arroseur en tête de parcelle. Le gravitaire se base sur le sol pour jouer à la fois les rôles de transport et de réservoir via l'infiltration de l'eau. On distingue généralement trois techniques d'irrigation de surface, toutes rencontrées dans les périmètres irrigués oasiens. Il s'agit de l'irrigation par bassin ou submersion, de l'irrigation par planches ou calant et de l'irrigation à la raie (TAKY, 2021).

1. Irrigation par bassin ou submersion

Fréquemment rencontrés dans les grands périmètres rizicoles du Gharb et du Loukkos, l'irrigation par bassin est également rencontrée dans certains périmètres oasiens. Les bassins ont souvent une forme plus ou moins rectangulaire et sont sous forme de cuvettes à fond plat. (TAKY, 2021). Selon AZOUGGAGH (2001) cité dans MELLOUKI et *al* (2019) une version moins importante en termes de superficie pour la technique d'irrigation par bassins est la technique des robtas qu'on rencontre plus dans les zones de PMH et dans les périmètres oasiens où elle est utilisée pour d'autres cultures autres que le riz. Les robtas sont des micro-bassins d'une superficie variant entre 40 et 50 m². Elle se pratique généralement sur des sols nivelés de pente faibles (0.1 à 1%).



Photo 1 : Irrigation par bassins (robtas) à M'Semrir dans le Haut Atlas marocain

2. Irrigation par planche ou calant

La deuxième technique d'irrigation gravitaire est l'irrigation par planches ou calant. Les planches sont des bandes de terre aménagées en pente douce (0.2 à 3%) pour assurer l'écoulement de l'eau. Les dimensions des planches sont très variables mais l'eau appliquée ruisselle généralement dans le sens de la longueur, guidée par les diguettes de séparation entre planches. La main d'eau appliquée est généralement de 30 l/s.

Selon AZOUGGAGH (2001) cité dans MELLOUKI et *al* (2019), l'irrigation par planches est la plus difficile car il faut techniquement ajuster le débit de l'eau appliqué en fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche.



Photo 2 : Dispositif d'irrigation par planche dans une parcelle de pommiers à M'Semrir dans le Haut Atlas marocain

3. Irrigation à la raie

L'irrigation à la raie est une technique d'irrigation gravitaire basée sur le ruissellement de l'eau dans de petites rigoles appelées sillons. Les cultures sont plantées sur les monticules de terre entre deux sillons et qui sont appelés billons. Une parcelle aménagée par un système d'irrigation à la raie, montre une alternance de billons et de sillons où l'eau ruisselle selon la pente du terrain. On distingue le dispositif d'irrigation à raies longues et le dispositif d'irrigation à raies courtes. Pour les raies longues, leur longueur moyenne varie entre 80 et 150 m, mais des longueurs de 180 à 200 m ont également été testées expérimentalement. Pour les raies courtes, leur longueur est généralement inférieure à 80 m. On peut observer des raies dont les longueurs sont de l'ordre de 20 m (TAKY, 2021).

Selon RIEUL (1997), le mode d'alimentation en eau des sillons permet de distinguer plusieurs variantes de l'irrigation à la raie que sont l'irrigation classique, l'irrigation par siphon, l'irrigation par gaines souples, l'irrigation par rampes à vannettes, l'irrigation par système californien et la transirrigation. C'est la variante classique de l'irrigation à la raie qui est utilisée dans les périmètres oasiens de PMH. Pour cette variante d'irrigation, l'eau est appliquée dans les sillons par de simples brèches dans le canal arroseur généralement en terre.



Photo 3 : Irrigation à la raie classique à M'Semrir dans le Haut Atlas marocain

CHAPITRE 2 : LA GESTION SOCIALE DE L'EAU D'IRRIGATION (GSE)

Que ce soit dans les grands périmètres irrigués ou dans les périmètres de PMH, il existe en plus des règles énoncées par le code des investissements agricoles de 1969 qui régissent les relations entre les agriculteurs et l'Etat, des règles traditionnelles et coutumières de gestion de l'eau, établies par les agriculteurs pour non seulement assurer une répartition équitable de la ressource en eau mais également la conserver et la protéger. Le but de ce chapitre est de porter un regard sur les différentes modalités de gestion de l'eau dans les oasis.

I. Gestion sociale de l'eau

1. Définition

Selon RECALT (2012), les origines de la GSE remontent à très longtemps mais ce n'est qu'au début des années 1990 que l'idée fut introduite pour la première fois par RUF et SABATIER (1992). Ces derniers avaient pour but d'amener les ingénieurs agronomes à dépasser les dimensions techniques, en les invitant à tenir compte des composantes sociale, institutionnelle et politique qui environnent les réseaux d'irrigation. Il s'agit ainsi donc de s'attarder sur les modalités de mobilisation de la ressource, du transport, de l'organisation sociale pour la répartition et le partage, de l'application de l'eau aux parcelles.

RECALT (2012) va encore plus loin en définissant le système d'irrigation comme « une organisation sociale complexe de contrôle de l'eau dans laquelle se combinent des éléments physiques, réglementaires, d'organisation et de mise en valeur de l'espace ». Cette assertion permet ainsi de comprendre que dans le cadre de la GSE appliquée à l'irrigation, la collaboration et la coopération entre les différents acteurs locaux comme administratifs est ce qui impacte le bon fonctionnement des différents systèmes combien complexes.

2. Conditions d'une bonne gestion de l'eau

Tout comme les courants philosophiques, plusieurs écoles de pensée sur la gestion de l'eau d'irrigation ont marqué l'histoire et l'évolution de l'irrigation à l'échelle mondiale. Trois principales écoles se sont distinguées en avançant des principes qu'elles jugeaient comme conditions sine qua none d'une bonne gestion de l'eau (RUF, 2011).

2.1. Les sept Principes Wittfogeliens (PW)

Selon RUF (2011), la première école de pensée sur la gestion de l'eau est celle de Wittfogel, qui a vu le jour au milieu du XX^e siècle. Inspiré par les civilisations hydrauliques asiatiques, il

affirmait que le développement des sociétés orientales s'est fait par la création de puissantes institutions autour de l'hydraulique et qu'il fallait s'en inspirer. Les sept principes de cette école sont :

- **PW1/ Les autorités hydrauliques constituent une force despotique :** Wittfogel préconise la mise en place d'institutions fortes dans l'approche des espaces hydrauliques en faisant fi des conditions géographiques et climatiques. Il définit ainsi le terme « l'agriculture hydraulique » pour parler des travaux d'irrigation à grande échelle ainsi que des opérations de contrôle des crues et inondations. Il place l'Etat au centre des décisions et de la gestion de l'eau dans cette agriculture hydraulique.
- **PW2/ Le cadre naturel de la société hydraulique implique coopération et autorité politique :** Wittfogel présente l'eau comme une ressource naturelle d'une énorme importance dont l'utilisation est toujours possible aux moyens d'un travail technique pour lequel la seule solution est la coopération.
- **PW3/ L'agriculture hydraulique procure une supériorité absolue :** Dans sa conception de l'agriculture hydraulique, la hiérarchisation reste un élément clé. Les chefs de guerre ou autres autorités dirigent la direction hydraulique et instaure une hiérarchie entre les différents moyens humains qui assurent l'organisation et l'entretien des ouvrages créés.
- **PW4/ L'État est plus fort que la société :** L'Etat hydraulique est institutionnel, constructeur, organisateur et calculateur. Tous les pouvoirs sont centralisés autour de l'Etat qui dispose alors de fonctionnaires à toutes les étapes du réseau d'irrigation.
- **PW5/ Le pouvoir despotique est absolu et non bienfaiteur :** La centralisation du pouvoir au niveau de l'Etat fait que les délégués de l'Etat se comportent comme des maîtres et des consommateurs privilégiés. Dans cette conception de l'irrigation, l'Etat cherche à engranger le maximum de revenus fiscaux des populations pour un strict minimum de réalisations d'ouvrages hydrauliques au profit des populations qui elles souhaitent le contraire c'est-à-dire obtenir le maximum d'ouvrages avec le minimum de contribution ou de dépenses de leur part.
- **PW6/ Terreur totale, soumission totale, solitude totale caractérisent les relations sociales :** Wittfogel préconise l'utilisation de la terreur comme instrument de maintien de l'autorité et de l'optimum de fonctionnement dans les périmètres hydrauliques. Il ne s'agit pas nécessairement d'une démonstration physique de cette terreur mais d'une démonstration plus subtile à travers l'instauration de procédures et de démarches administratives, fiscales et judiciaires esquivantes.

- **PW7/ Plusieurs degrés d'hydraulicité et de configuration spatiale permettent de distinguer les zones centrales, marginales et submarginales du développement des sociétés hydrauliques :** Pour conclure, Wittfogel montre que le degré de pouvoir de l'Etat dans une zone hydraulique permet de différencier ces zones. Il ajoute que pour qu'une société hydraulique perdure dans le temps, il lui faudra un modèle économique basé sur l'agriculture hydraulique qu'il juge très performant lorsqu'elle est centrée autour du pouvoir étatique

Mais cette philosophie wittfogellienne sera contredite par les d'autres écoles qui, au lieu de croire au pouvoir absolu de l'état dans la gestion de l'eau d'irrigation, croient plutôt en une forme de décentralisation du pouvoir avec l'intégration des populations locales d'agriculteurs.

2.2. Les huit principes ostromiens (PO)

Elinor Ostrom, autrice de ces principes ostromiens dans les années 70, s'est intéressée à l'irrigation comme sujet de recherche suite à un article publié par Garrett Hardin en 1967. Dans cet article, Hardin recommandait la privatisation des ressources comme garant d'une exploitation raisonnable des ressources qui étaient jusque-là surexploitées par les populations riveraines. C'est en voulant répondre à Hardin qu'Ostrom trouvera dans le même temps des éléments justifiés qui s'opposeront aux principes de l'école du despotisme oriental de Wittfogel. Les huit principes ostromiens sont :

- **PO1/ Les limites clairement définies :** Pour une meilleure gestion de l'eau dans les systèmes irrigués, il faut que les limites des terres et des ménages qui ont des droits d'eau soient bien connues et définies. Ce principe introduit déjà la reconnaissance de l'autonomie des sous-ensembles locaux et des droits particuliers contrairement au PW1 qui fait de l'état l'élément central.
- **PO2/ Des avantages proportionnels aux coûts assumés :** La quantité d'eau reçue par un irrigant devrait être proportionnelle à son investissement en travail, matériel ou en argent selon les conditions locales en présence.
- **PO3/ Des procédures pour faire des choix collectifs :** Les décisions opérationnelles et les règles sont prises ou établies par les personnes directement concernées par celles-ci. Cela se justifie par la promiscuité de ces gens avec les réseaux d'irrigation et le contexte économique local qui leur permet de prendre des décisions réalistes et adaptées à leur contexte.

- **PO4/ Supervision et surveillance** : La responsabilisation de certains usagers même au sein des communautés locales pour la surveillance du réseau d'irrigation et du comportement des irrigants reste un principe important surtout pour faciliter dans une certaine mesure la gestion des conflits.
- **PO5/ Des sanctions différenciées et graduelles** : Ce principe instaure l'application de sanctions, par les responsables de surveillance et/ou les usagers, en fonction de la gravité des exactions commises.
- **PO6/ Des mécanismes de résolution des conflits** : La résolution des conflits qui surviennent dans les réseaux d'irrigation se fait entre les agriculteurs eux-mêmes via des instances locales. Cette résolution entre agriculteurs semble être la mieux adaptée puisque les règles établies par les agriculteurs prêtent souvent à confusion et ne sont pas claires. Cela contribue également à la construction d'une jurisprudence qui permettent aux règles d'être approfondies et précises au fil du temps.
- **PO7/ Une reconnaissance par l'État du droit à s'organiser** : L'Etat reconnaît aux usagers leur droit de s'organiser et de s'associer même si la reconnaissance officielle de certaines de ces associations d'usagers de l'eau agricole n'est pas effective.
- **PO8/ Des systèmes à plusieurs niveaux** : Il s'agit ici de la structuration et de l'organisation du travail à plusieurs niveaux pour assurer une bonne efficacité de gestion. Il faut cependant assurer une certaine liaison entre ces différents niveaux, du plus petit jusqu'au niveau national.

A travers ces huit principes, Ostrom pointe du doigt le caractère traditionnel et simple des institutions de gestion de l'eau d'irrigation contrairement à Wittfogel. Ces principes ostromiens publiés en 1992 ont jusqu'à présent un fort impact sur les conceptions actuelles de la gestion de l'eau agricole et contribuent à l'orientation des politiques agricoles nationales en matière de gestion de l'eau (RECALT,2012).

2.3. Les principes néolibéraux (PN)

Suite à la conférence de Dublin en 1992, quatre principes néolibéraux seront mis en place pour la gestion de l'eau, et deviendront par la suite le credo du Conseil Mondial de l'Eau. Ces principes qui rentrent presque en ligne de compte avec les principes ostromiens, seront à la base des notions de gestion intégrée des ressources en eau (RECALT,2012 et Cours de GIRE, 2022).

- **PN1/ L'eau, ressource fragile et non renouvelable, est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement** : C'est une incitation à une meilleure gestion des

ressources en eau dans une approche globale qui concilie développement économique avec protection des écosystèmes naturels. Cette gestion se fera à l'échelle du bassin versant qui est l'unité de base, en combinant utilisation des sols et utilisation de l'eau que celle-ci soit superficielle ou souterraine.

- **PN2/ La gestion et la mise en valeur des ressources en eau doivent associer usagers, planificateurs et décideurs à tous les échelons :** Il faut la participation et l'implication de tous les acteurs et usagers dans le secteur de l'eau pour une gestion efficace de l'or bleu.
- **PN3/ Les femmes jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation des eaux :** L'innovation majeure de l'école néolibérale reste l'implication des femmes à tous les niveaux du processus de décision portant sur les ressources en eau. En effet, elles sont la plupart du temps utilisatrices de l'eau (exemple des corvées d'eau) et gardiennes du milieu vivant et il faudrait une meilleure équité vis-à-vis des femmes.
- **PN4/ L'eau utilisée à de multiples fins, a une valeur économique et devrait donc être reconnue comme bien économique :** l'eau est reconnue comme un bien économique et pour son utilisation efficace, il faudrait une meilleure répartition et une mise en place de mesures de préservation et de protection de cette celle-ci (exemple : application du principe pollueur-payeur au Maroc et du principe utilisateur-payeur à prix raisonnables).

3. Techniques de gestion de l'eau en milieu oasien

Les règles de gestion de l'eau varient d'une oasis à l'autre. Mais de façon générale, plus la ressource se raréfie, plus les règles de gestion deviennent plus élaborées et plus strictes. A contrario, plus la ressource est abondante, moins les règles de répartition et de distribution deviennent rigoureuses (CHAROY *et al*, 1990).

Malgré les nombreux projets de PMH qui modifie le paysage des espaces oasiens, ces règles de gestion de l'eau établies depuis des siècles par les autorités coutumières perdurent toujours puisqu'un des principes des projets de réhabilitation des périmètres de PMH était de ne pas toucher aux règles d'allocation et de distribution des ressources en eau (PLUSQUELLEC *et al*, 2013).

3.1. Les droits d'eau et les droits de la terre

Les droits d'eau sont le fruit des règles inspirées de la Shari'a (droit de propriété, droit de la soif, droit d'irrigation) et des règles coutumières établies localement par les agriculteurs

notamment en matière de propriété, de vente ou de location, de contrôle et de surveillance (CHAROY *et al*, 1990).

En ce qui concerne la propriété des eaux, elle peut être rattachée oui ou non à la terre : on dit que l'eau est mariée à la terre lorsque le droit d'eau et le droit de la terre sont indissociables. Dans ce cas, la terre n'a réellement de valeur que par la quantité d'eau qui lui est attachée. C'est le cas dans les périmètres du bassin de l'Oued Ziz (Salem *et al*, 1988, citée dans PLUSQUELLEC *et al*, 2013). Dans le cas où l'eau est célibataire, la terre peut avoir une certaine valeur qui dépend cette fois-ci de son degré de fertilité. Quelques exemples où l'eau est célibataire sont les périmètres dans le haut bassin de la Moulouya (Outat El Haj *et Tassa*) et dans la vallée du Draa. Le caractère marié ou célibataire de l'eau ne semble pas être justifiés par des facteurs clés (PLUSQUELLEC *et al*, 2013).

Les droits d'eau entre périmètres ou séguias le long des oueds, sont toujours régis par la priorité de l'amont sur l'aval. Il est cependant exigé que les populations de l'amont laissent un débit raisonnable pour celles de l'aval et il est formellement interdit la construction de seuils en béton traversant l'oued afin de maintenir ce débit raisonnable. Il peut arriver que dans certaines zones les droits d'eau soient formalisés et régis par un décret. C'est le cas de la vallée de l'Ourika dans la région du Haouz, où les droits d'eau sont régis par un Dahir émis en 1935 (PLUSQUELLEC *et al*, 2013).

3.2. Mode d'acquisition des droits d'eau

Il existe deux modes d'acquisition des droits d'eau. Le premier mode d'acquisition est selon un mode traditionnel où le droit d'eau est acquis par le défrichement et la mise en valeur de la terre où se trouve cette eau. Le deuxième mode d'acquisition est cette fois-ci sous forme de parts d'eau proportionnelles à la participation de chaque individu à la construction des ouvrages de mobilisation de la ressource (puits, Ouggougs, khetaras, etc.). La participation peut être financière ou humaine par le biais de la main d'œuvre.

Une fois acquis, les droits d'eau (individuels comme collectifs) peuvent alors être transmis par héritage ou alors transférés d'une partie à une autre à l'issue de vente, d'achat ou de dons (CHAROY *et al*, 1990 ; PLUSQUELLEC *et al*, 2013).

3.3. Répartition des eaux dans les périmètres traditionnels

Il existe deux modes de répartitions des eaux dans les périmètres oasiens ou traditionnels : la répartition par division du débit disponible ou la répartition dans le temps du débit disponible entre les usagers. Il existe un troisième mode assez rare qui consiste à allouer un volume annuel

ou saisonnier d'eau à chaque usager qui répartira alors ce volume comme bon lui semble. Ce mode peu fréquent est employé dans les projets d'irrigation par des réservoirs de régulation ou dans des oasis irriguées par des khattaras dont les débits sont faibles pour irriguer en continu (PLUSQUELLEC *et al*, 2013).

Pour la division du débit disponible, les apports en amont sont répartis selon les ratios $1/2 - 1/2$, $1/3 - 2/3$ ou $1/3 - 1/3 - 1/3$ par des partiteurs statiques munis de passes de séparation. C'est la largeur de chaque passe qui renseigne sur les ratios des débits. La Photo 4 illustre cette répartition des débits à Tilmi qui se trouve en amont de M'Semrir dans le haut atlas marocain.



Photo 4 : Répartition des débits suivant le ratio $1/3-1/3$ à Tilmi en amont de M'Semrir

Pour la répartition dans le temps, ce mode exige la mise en place d'un tour d'eau entre tous les irrigants avec les temps bien définis des ayant-droits. Ces temps sont soit définis sur la base de la superficie de la parcelle à irriguer, soit sur la base du droit d'eau (Nouba au Maroc). Le tour d'eau varie d'un périmètre à l'autre. Pour assurer la surveillance et le respect du tour d'eau, un aiguadier est souvent choisi par les ayant-droits. Il contrôle la répartition de l'eau et se charge de marquer les différentes infractions en vue des sanctions qui s'appliquent.

Pour la répartition en volume, l'eau est d'abord stockée dans un réservoir souvent pendant la nuit ou pendant une période qui est fonction du volume du réservoir. Par la suite ce volume stocké est alloué à chaque ayant-droit soit en totalité, soit en partie mesurée avec un bâton étalonné. C'est l'exemple de l'oasis Akka-Ighran au Sud de l'Anti-Atlas.

II. Organismes acteurs de la gestion de l'eau dans les oasis marocaines

1. Les ORMVA

Les oasis du Sud Marocain relèvent tout d'abord des Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole. La plupart des oasis appartiennent à l'ORMVAO et à l'ORMVA/TF qui furent créés par décret royal en 1966. Ils ont pour rôles de :

- De promouvoir le développement de l'agriculture et de l'irrigation dans leur zone d'action à travers les travaux de remembrement, d'équipement du réseau d'irrigation et de drainage, de réhabilitation, etc. ;
- D'encadrer les agriculteurs et les éleveurs à travers des formations professionnelles régulières ;
- De gérer tout ce qui est en rapport avec les subventions de l'état, l'instruction des demandes de crédits, etc.

2. Les ABH

Deux ABH rassemblent la majorité des oasis du Sud marocains : l'ABH-GZR et l'ABH de Draa Oued Noun. Ils ont pour missions principales :

- La recherche et l'évaluation des ressources en eau ;
- L'évaluation des ressources en eau superficielles et souterraines ;
- La Planification et la Gestion des eaux ;
- Le Contrôle et la protection de la qualité des ressources en eau ;
- L'Étude et la réalisation des ouvrages hydrauliques pour la lutte contre les effets de la sécheresse et la protection contre les inondations ;
- La maintenance et l'exploitation des ouvrages hydrauliques ;
- La recherche-développement dans les domaines du climat et de l'eau ;
- La veille météorologique et l'information sur l'évolution du climat.

3. Les organisations coutumières et les associations d'agriculteurs

Ce sont les acteurs majeurs de la gestion de l'eau en milieux oasiens car ce sont eux qui sont en contact direct avec la ressource. Les organisations coutumières établissent les règles de partage et de répartition de la ressource entre les différents ayant-droits. Elles sont généralement composées du Cheikh, de la Jmaa et de quelques élus locaux dont les noms varient d'une oasis à l'autre. Elles fonctionnent sur la base de la solidarité et de l'entraide par le biais de participations volontaires, de cotisations ou de participation en nature pour les opérations d'entretiens ou d'aménagement de séguias.

Des versions beaucoup plus structurées et formelles de ces organisations locales sont les AUEA. Les AUEA sont des structures disposant d'un cadre juridique et sont éligibles à des subventions pour la réalisation des programmes de travaux de réhabilitation ou pour la gestion et l'entretien des ouvrages d'irrigation. Elles jouent le rôle d'interface entre les agriculteurs et les structures administratives telle que les ORMVA. Les membres de l'AUEA en définissent

la structure interne par l'élection de son président, des membres du conseil et des autres responsables.

4. Autorité locale : Caïdat

Les autorités locales plus particulièrement les Caïdats interviennent également dans la gestion de l'eau d'irrigation dans les zones oasiennes. Leur rôle s'articule généralement autour de la gestion des conflits qui surviennent fréquemment lors de l'application des tours d'eau et que les organisations coutumières locales n'arrivent pas à résoudre. Ils interviennent également pour la résolution des litiges liés au foncier et veillent à l'application des règles et lois émises par l'Etat dans le cadre de la gestion de l'eau ou autres.

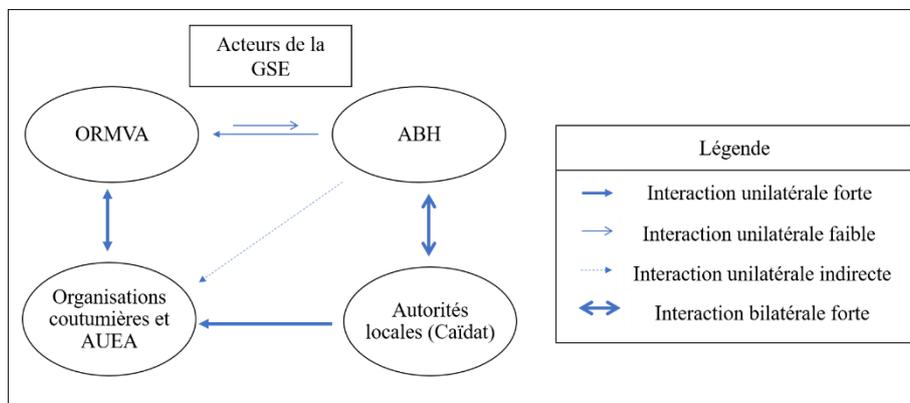


Figure 2 : Interactions entre les différents acteurs de la GSE

La Figure 2 montre les différentes interactions ou relation entre les différents acteurs de la GSE dans le milieu oasien. L'analyse de ce schéma montre qu'il y a une forte relation bilatérale entre les ORMVA et les organisations coutumières ou locales d'agriculteurs. L'ORMVA est la première entité administrative qui a un contact direct avec les organisations locales des zones oasiennes de par les missions qui lui sont confiées et qu'on a énumérées dans le paragraphe 1. ci-dessus. De même les organisations coutumières et locales sont fortement liées aux ORMVA desquels ils obtiennent des formations et une assistance continue sur les plans financiers et techniques.

Une autre relation forte existe entre les ABH et les autorités locales notamment la Caïdat dans le cadre de la gestion de l'eau. En effet la Caïdat joue le rôle d'intermédiaire entre les agriculteurs et l'ABH : A titre d'exemple, elle rassemble les demandes d'autorisations de creusement de puits des agriculteurs qu'elle transmet aux ABH. Une fois les autorisations émises par les ABH, c'est la Caïdat qui se charge de les faire parvenir aux agriculteurs.

Les ABH n'entretiennent pas de fortes relations avec les ORMVA mais il arrive qu'elles échangent avec eux dans le cadre de la planification des ressources en eau : Cependant les ABH transmettent aux ORMVA des données statistiques importantes comme la pluviométrie pour les calculs techniques de l'office (besoin en eau des cultures de la zone d'action de l'ORMVA par exemple). On remarque aussi de par le schéma que les ABH n'entretiennent pas de relation directe avec les agriculteurs même si certaines de leurs actions profitent à ces agriculteurs. Comme actions qui profitent à ces agriculteurs on pourrait citer la construction des barrages pour la protection contre les inondations.

La dernière relation entre la Caïdat et les organisations locales d'agriculteurs est comme indiqué dans le paragraphe 4. ci-dessus, une relation basée sur la gestion des conflits entre les agriculteurs.

CHAPITRE 3 : EVALUATION DES PERFORMANCES DE L'IRRIGATION

L'irrigation de façon générale a toujours fait partie de l'histoire des sociétés depuis très longtemps. Selon la FAO, son origine remonte à plus de 7500 ans en Mésopotamie. Au Maroc l'irrigation a toujours occupé une place cruciale au sein des politiques de développement agricole et cela depuis bien longtemps. D'après PREFOL (1986), le Maroc avait déjà créé, bien avant son indépendance en 1956, un Office pour l'équipement et la mise en valeur des terres irriguées de Beni Amir et Beni Moussa, dans la steppe semi-aride du Tadla. Cet office qui avait d'abord été créé en 1941 couvrait à ses débuts, une superficie de 3 400 ha avant d'observer par la suite, une évolution rapide de cette superficie irriguée passant de 13 400 ha en 1943 à près de 20 000 ha en l'espace d'une décennie.

Au fil de l'histoire de l'irrigation marocaine, plusieurs politiques agricoles se sont succédées. Les plus récentes sont le Plan Maroc Vert (PMV) lancé en 2008 qui, avec le Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation (PNEEI), visait le développement de l'irrigation localisée pour remplacer le gravitaire et l'aspersion ; suivi du programme décennal Génération Green lancé en février 2020 pour consolider les acquis du PMV et développer une agriculture de précision visant l'augmentation de l'efficacité hydrique et énergétique (Ministre de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts, 2022). L'analyse de données statistiques (1992-2017) de la FAO sur l'irrigation au Maroc a permis de réaliser la [Figure 3](#) qui permet d'apprécier l'évolution du paysage de l'irrigation. On peut voir avec la diminution des superficies irriguées en gravitaire et en aspersion, l'émergence de l'irrigation localisée qui n'est autre que le fruit des différentes politiques agricoles qu'a connu le royaume. Face à ces changements de techniques d'irrigation, certains auteurs comme KETTANI et *al* (2020), pensent que ce n'est pas le changement de techniques d'irrigation qui favorisera l'atteinte de meilleures efficacités et une meilleure valorisation agricole. Ils pensent bien au contraire qu'au-delà de la technique choisie, ce sont non seulement les pratiques dans les techniques d'aménagement externe et interne mais également les pratiques de pilotage de l'irrigation, qui définissent l'atteinte des résultats escomptés. Ce qui suscite des questions quant à l'évaluation des performances et des pratiques de l'irrigation dans l'agriculture marocaine, d'où l'intérêt de ce chapitre.

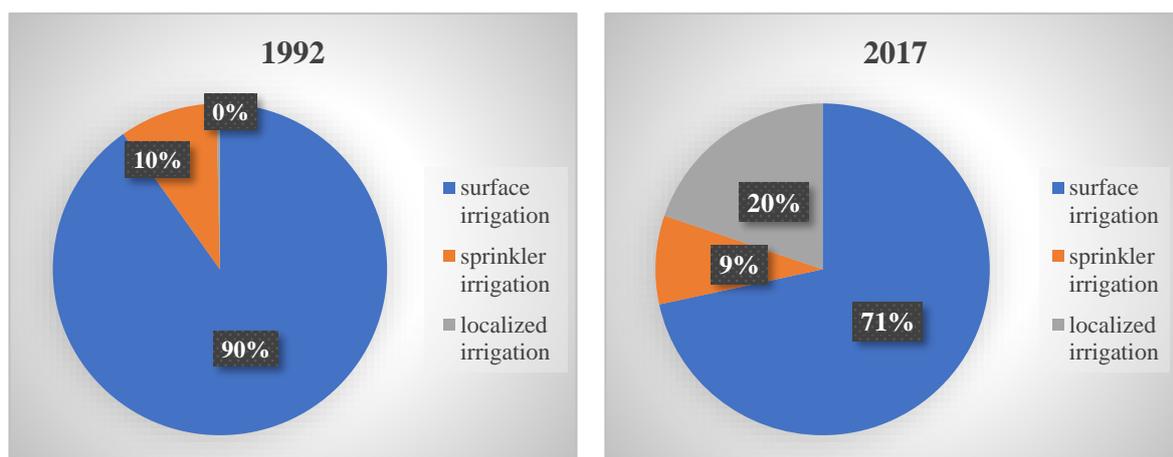


Figure 3 : Evolution de l'irrigation au Maroc

(Source : Données de Aquastat)

I. Notion de performances de l'irrigation

Selon HANAFI (2011) cité dans AMMARI ET BAYALI (2016), la performance est un concept consistant à atteindre des objectifs fixés avec non seulement des ressources limitées mais aussi un environnement enclin à des changements. En irrigation, le mot performance renvoie à l'application d'une bonne quantité d'eau sur la surface irriguée avec le minimum de pertes possible. La notion de pertes de l'eau en irrigation suscite de nombreux débats entre différents auteurs avec différentes considérations. La définition qu'on a retenue est celle donnée par RUEELLE et *al* (2004) qui définit comme pertes toute quantité d'eau destinée à l'irrigation qui n'atteint pas sa cible. Revenant au concept de performance avancé par HANAFI (2011) cité dans AMMARI ET BAYALI (2016), l'évaluation des performances d'un système irrigué fait appel à la combinaison de mesures collectées et des pratiques d'irrigation des agriculteurs pour aboutir au calcul de certains indicateurs de performance d'ordre hydraulique, agronomique et économique. Ces indicateurs que BOUAZIZ et *al* (2002), appellent efficacité hydraulique, efficacité agronomique et efficacité économique, permettent d'apprécier relativement l'état de bon ou mauvais fonctionnement du système.

1. Indicateurs de performance hydraulique

1.1. Efficacité hydraulique

La performance hydraulique est indiquée par l'efficacité hydraulique. Selon AKBARI et *al* (2007) cité dans AMMARI ET BAYALI (2016), l'efficacité est calculée sur la base des quantités d'eau mesurées en certains points du système de distribution de l'eau.

Pour BOUAZIZ *et al* (2002), l'efficacité hydraulique permet de mesurer un rendement de l'eau entre un point d'entrée et un point de sortie dans un système d'irrigation. Il permet d'apprécier ainsi le niveau des pertes d'eau dans le système évalué. Ainsi pour parler d'efficacité hydraulique, il définit les indicateurs suivants :

- **L'efficacité de transport** entre le début et la fin des canaux d'irrigation qui permet d'apprécier l'efficacité du réseau de distribution entre le point de prélèvement de la ressource et les prises de prélèvement des agriculteurs ;
- **L'efficacité de distribution** au niveau des exploitations entre la prise de l'exploitation et la tête de parcelle. D'autres auteurs comme GRANIER et DEUMIER (2013) cité dans AMMARI ET BAYALI (2016) ont adapté la définition de cette efficacité pour le cas de l'irrigation localisée où ils la définissent comme le rapport entre la quantité d'eau fournie par les goutteurs et la quantité d'eau disponible en tête de parcelles ;
- **L'efficacité d'application de l'eau à la parcelle** qui évalue la quantité d'eau réellement utile pour les cultures ;
- **L'efficacité de stockage** qui évalue la part de l'eau utile réellement stockée dans la zone racinaire ;
- **L'efficacité de consommation** qui évalue la part de l'eau stockée dans la zone racinaire que la plante consomme réellement ;
- **L'efficacité globale** qui est obtenue par la combinaison de toutes les efficacités précitées.

1.2. Taux de satisfaction des besoins en eau des cultures

Le taux de satisfaction des besoins en eau des cultures irriguées est selon TAHIROU *et al* (2022), le rapport entre le volume d'eau apporté par l'irrigation et les besoins en eau bruts des cultures irriguées.

D'après les études menées par HSSINI et ALAOUI (2012), cité dans AMMARI ET BAYALI (2016), on observe une sur-irrigation des cultures dans les périmètres oasiens de la vallée du Drâa avec un taux de satisfaction des besoins en eau des cultures dépassant 100%.

2. Indicateurs de performance agronomique

2.1. Le rendement des cultures

D'après DJERMOUN et ABDELHAMID (2018), le rendement est le premier indicateur de la performance agronomique des systèmes irrigués. Il est à la base du calcul de l'autre indicateur de performance agronomique qu'est l'EUE. L'étude de la variation interannuelle des

rendements pourraient aider à apprécier l'évolution des pratiques agricoles dans le système irrigué étudié.

2.2. Efficience agronomique d'utilisation de l'eau (EUE)

Selon BOUAZIZ et *al* (2002), l'efficience d'utilisation de l'eau par la culture (EUE) est le rapport entre le rendement obtenu par unité de surface et la quantité d'eau réellement utilisée par le couvert végétal pour aboutir à cette production. Le calcul se fait donc en divisant donc le rendement par l'évapotranspiration réelle de la culture ou par la dose totale de l'irrigation y compris les pluies. Cet indicateur peut être une base de choix des cultures et variétés les plus efficaces en termes de consommation de l'eau d'irrigation. Autrement dit, dans un contexte marqué par l'aridité et avec des objectifs de préservation de la ressource, cet indicateur pourrait orienter le choix des cultures à mettre en place pour économiser la ressource en eau tout en favorisant une bonne production agricole.

3. Indicateurs de performance économique

3.1. Efficience économique

Du point de vue économique, l'efficience de l'irrigation se calcule par le rapport entre la marge brute ou la marge nette de la production et le coût de l'eau d'irrigation nécessaire à la réalisation de la production. C'est ce que les agroéconomistes appellent la valorisation de l'eau d'irrigation. Pour résumer cette efficience, BOUAZIZ et *al* (2002) utilisent la question suivante : « *combien de dirhams rapporte un dirham d'eau (...) investi dans l'irrigation de telle ou telle culture ?* ». BOUAZIZ et *al* (2002) ajoute qu'en l'absence d'un prix de l'eau d'irrigation, les agroéconomistes définissent une valeur de l'eau d'irrigation basée sur les fiches des itinéraires technique et économique des cultures.

3.2. Valorisation du mètre-cube d'eau d'irrigation

Pour pallier au manque d'un coût de l'eau d'irrigation et pour éviter le travail proposé par BOUAZIZ et *al* (2002), AMGHARA et JELLALB (2005) cité dans AMMARI ET BAYALI (2016) ont proposé la valorisation du mètre-cube d'eau d'irrigation comme un indicateur simplifié de l'efficience économique. Il existe ainsi trois façons de calculer cet indicateur. La première façon consiste à diviser le rendement par hectare des cultures irriguées par le volume d'eau consommé pour atteindre cette production. La deuxième façon se résume au rapport entre la valeur monétaire du rendement de la culture ou sa valeur ajoutée et le volume d'eau d'irrigation consommé.

II. Performances en irrigation gravitaire

1. Facteurs influençant les performances du gravitaire

La performance de l'irrigation gravitaire dépend essentiellement de deux facteurs qui sont l'aménagement de la surface du sol et l'infiltration. L'aménagement de la surface du sol détermine la répartition de l'eau et la bonne uniformité de l'irrigation en tout point de la parcelle. N'oublions pas que le but de l'irrigation est d'abord d'apporter au moins la dose minimale d'eau requise par les cultures en présence. L'infiltration (infiltration dans les séguias et infiltration dans la parcelle cultivée) est le facteur majeur influençant la performance des réseaux d'irrigation gravitaire. L'infiltration dans la parcelle cultivée est bénéfique si l'eau infiltrée reste dans la zone racinaire ou atteint la nappe et cela bien qu'elle impacte, avec la succession des irrigations, les performances de ces dernières (vitesse d'avancement de l'eau et quantités d'eau qui atteignent réellement les racines des plantes). L'infiltration dans les séguias est considérée négative si elle n'atteint pas la zone racinaire des cultures (TAKY, 2021).

Ces deux facteurs qui influencent les performances du gravitaire sont pourtant liés à un seul élément qui est le nivellement. Comme le dit si bien BOUAZIZ et al (2002) : « *le gros problème pour le gravitaire au Maroc est le non nivellement des parcelles provoqué par les labours notamment à la charrue à soc ou au cover-crop* ». Il a d'ailleurs montré cela par une étude d'évaluation de l'irrigation à la robta dans le Tadla dont les résultats ont montré que l'efficacité d'application ne dépassait pas 55% à cause du non maintien du nivellement. Il faut donc penser à réaliser continuellement des opérations de restauration du nivellement pour augmenter les performances de l'irrigation. Mais comme l'a si bien montré TAKY (2021), les coûts de reprise du nivellement restent encore élevés dans le contexte actuel (environ 3 000 DH/ha) et il n'y a pas de subventions pour encourager les agriculteurs.

2. Efficacités en irrigation gravitaire

Les études réalisées par BOUAZIZ et al (2002) ont donné les efficacités suivantes pour le gravitaire.

Tableau 1 : Efficacités du gravitaire au Maroc

(BOUAZIZ et al, 2002)

Efficacité du réseau de distribution		Efficacité d'application à la parcelle		Efficacité globale de l'irrigation gravitaire	
Actuelle	Potentielle	Actuelle	Potentielle	Actuelle	Potentielle
80%	85%	50%	70%	40%	60%

Ces efficacités du gravitaire restent les plus faibles comparativement aux autres techniques d'irrigation que sont l'aspersion et l'irrigation localisée. La même étude a montré que pour l'aspersion l'efficacité globale actuelle était de 60% et l'efficacité potentielle de 80%. Pour l'irrigation localisée, l'efficacité globale potentielle est de 90%. La faiblesse de l'efficacité globale du gravitaire s'explique par la faiblesse de l'efficacité à la parcelle qui elle-même est tributaire du nivellement ; d'où la nécessité de maintenir un bon nivellement des parcelles en vue d'augmenter les efficacités.

Pour mieux comprendre la faiblesse de l'efficacité à la parcelle, BOUAZIZ et al (2002) ont poussé l'analyse des efficacités pour chaque technique du gravitaire afin de voir qu'elle technique était la plus efficace. Le Tableau 2 montre les résultats qu'ils ont obtenus et on peut y voir que l'irrigation par planche semble être la technique la mieux adaptée au Maroc puisqu'elle a la plus grande efficacité d'application de l'eau à la parcelle.

Tableau 2 : Efficacités d'application par technique d'irrigation gravitaire
(BOUAZIZ et al, 2002)

	Irrigation par planche	Irrigation à la raie	Irrigation par bassin (0.5 ha)
Efficacité d'application (%)	70.5	59.6	52

III. Voies d'amélioration du gravitaire

1. Techniques d'amélioration du gravitaire

L'amélioration de l'irrigation gravitaire vise surtout à augmenter les efficacités d'application de l'eau à la parcelle. A cet effet, plusieurs essais ont été réalisés au Maroc par les différents offices en vue de choisir la technique du gravitaire la plus efficace. C'est la solution qui semble la plus réalisable vu que la restauration du nivellement reste encore très coûteuse.

Ainsi les essais menés sur des parcelles irriguées par des raies dans le Gharb en 1994 ont montré que l'utilisation des rampes à vannettes offrait de meilleurs résultats en termes de performance (plus faible coefficient de variation des débits : 12%). Elle était suivie par la technique des siphons avec un coefficient de variation des débits de 15%, puis par la technique de la gaine souple dont le coefficient de variation était de 20%. Des essais menés dans les Doukkala ont permis de confirmer ces résultats en montrant que les techniques d'irrigation par rampes à vannettes et par siphons étaient 44% plus efficace que l'irrigation traditionnelle par robots.

Allant dans le même sens, les essais menés dans le Tadla ont finalement permis de voir que le revêtement en film plastique de l'arroseur et l'utilisation des siphons tubulaire était la technique la plus rentable suivie par les rampes à vannettes (ORMVAG et ORMVAT cités dans MELLOUKI *et al*, 2019).

Cependant ces techniques d'amélioration du gravitaire par le remplacement de l'arroseur restent toujours onéreuses. Le remplacement de l'arroseur par la gaine souple revient à environ 14 000 DH/ha et celui par les rampes à vannettes revient à environ 24 000 DH/ha (Taky, 2021).

2. Projets d'amélioration et de développement en milieu oasien

Malgré ces nombreuses limites, l'irrigation gravitaire reste la technique la plus utilisée en zone oasienne (presque toutes les techniques y sont représentées). Il arrive cependant qu'on observe dans les zones d'extension le développement de l'irrigation localisée mais les superficies irriguées avec cette technique restent faibles. Pour assurer un développement de l'irrigation gravitaire en zone oasienne, plusieurs projets sont mis en place. On assiste surtout au développement des projets d'aménagements de canaux en béton pour améliorer les efficacités de transport de l'eau puisque la plupart des canaux ou séguias en zone oasienne sont en terre. On observe également un nombre important de projet de réhabilitation des canaux en béton dans les oasis ou ceux-ci avaient été endommagés ou vandalisés. De plus en plus, on voit aussi le développement du pompage solaire dans les zones oasiennes pour assurer le développement de l'irrigation surtout dans les oasis dominées par des cours d'eau saisonniers ou intermittents.

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE 1 : DEMARCHE METHODOLOGIQUE

I. Activités de travail

La démarche adoptée pour la réalisation des objectifs se décline en trois principales activités.

La première activité a porté sur un travail cartographique de la zone d'étude à l'aide de la télédétection, des images satellitaires et des outils comme Google Earth et ArcGIS. L'objectif de cette phase était d'une part, de mieux comprendre le milieu dans lequel on allait travailler en définissant ses limites et, d'autre part, de repérer des zones intéressantes qui nécessiteraient une attention particulière pendant la phase de terrain. C'était une première orientation donnée à la recherche et une première prise de contact avec le milieu.

La deuxième activité concernait un travail de terrain. Elle s'est réalisée pendant une durée totale d'un mois répartie sur deux périodes :

- La première période réalisée à la fin du mois d'avril était une période de diagnostic sur le terrain et de prise de contact. Elle a abouti à la délimitation de la zone d'étude et à l'identification de trois périmètres irrigués pour la suite du travail. Vers la fin de cette période, la phase de collecte de données avait déjà été entamée.
- La deuxième période réalisée pendant le mois de juin était surtout une phase de collecte de données. Des données qualitatives ont été collectées dans un premier temps pour la caractérisation du réseau d'irrigation, des pratiques d'irrigation et des mécanismes de gestion de l'eau agricole dans les trois périmètres irrigués identifiés. Des mesures de débits ont dans un second temps été réalisées pour la caractérisation des performances des réseaux d'irrigation dans deux des trois périmètres irrigués de la zone d'étude.

La dernière activité de la démarche de travail fut axée sur l'analyse des données par des calculs techniques à l'Institut pour obtenir des résultats qui ont été comparés à des résultats théoriques. Cette phase s'est terminée par l'émission de conclusions et de recommandations pour une meilleure gestion de l'eau d'irrigation dans le milieu oasien.

II. Outils et méthodes de travail

1. Observations sur le terrain

Les observations sur le terrain ont servi à la caractérisation physique du réseau d'irrigation de la zone d'étude. Elles ont permis d'apprécier visuellement toutes les composantes des

aménagements externe et interne du réseau d'irrigation et cela depuis les ouvrages de mobilisation jusqu'à l'intérieur des parcelles. Ce fut également l'occasion pour constater de visu l'état de ces aménagements et faire des mesures pour caractériser les dimensions de ces ouvrages.

Les outils qui ont servi lors de nos observations sont :

- L'application mobile google maps pour l'orientation lors des sorties et visites sur le terrain ;
- L'application mobile boussole pour déterminer les coordonnées des emplacements des différents ouvrages ;
- L'application mobile Mesures pour évaluer les dimensions des différents ouvrages ;
- Les logiciels Google Earth et ArcGIS pour tracer le réseau d'irrigation et éditer les cartes.

2. Diagnostic sur le terrain : entretiens et enquêtes

Pour les enquêtes et les entretiens sur le terrain elles ont été réalisées sur la base du Diagnostic Participatif Rapide. Comme indiqué par VAN DER SCHANS *et al* (2007) : « Un DPRP est une approche qui cherche, en collaboration avec les agriculteurs, à analyser et améliorer les performances de leur système irrigué. ». C'est donc dire que le diagnostic participatif a pour but de comprendre l'ensemble des composantes des systèmes irrigués afin d'en identifier les contraintes et défaillances et pour par la suite, proposer des solutions palliatives. Le choix de cette méthodologie s'explique surtout par son caractère adapté au sujet de cette étude.

Plusieurs objectifs peuvent être associés au Diagnostic Participatif Rapide mais ceux retenus pour ce cas d'étude portent sur :

- La description des caractéristiques des systèmes agricoles irrigués pour des études futures ou le suivi-évaluation ;
- L'identification des contraintes leurs relations et les opportunités qu'elles offrent pour une meilleure exploitation et une durabilité du système irrigué.

2.1. Description des principales caractéristiques du système irrigué

D'après VAN DER SCHANS *et al* (2007), un système irrigué se compose de quatre parties qui aident à comprendre l'ensemble. Il s'agit du système d'irrigation, de la valorisation agricole au niveau des parcelles, de l'organisation de gestion et de l'environnement socio-économique. Ces composantes du système irrigué peuvent à leur tour être subdivisées en sous-composantes :

- **Le réseau ou système d'irrigation** qui est l'ensemble des infrastructures physiques acheminant l'eau vers les parcelles agricoles, est subdivisé en deux sous-composantes : l'aménagement physique (infrastructures) et la ressource en eau.
 - La caractérisation de l'aménagement physique passe par la description du périmètre irrigué ; de l'aménagement externe depuis l'origine de l'eau jusqu'en tête de parcelle (ouvrages de mobilisation, de transport, de distribution, de régulation, de mesure) et de l'aménagement interne (taille et forme des parcelles, réseau de distribution de l'eau d'irrigation à l'intérieur des parcelles).
 - L'étude de la sous composante ressource en eau passe par : l'identification de l'origine de la ressource en eau pour l'irrigation (oued, nappe) ; l'estimation des quantités et débits disponibles, leurs variations saisonnières et leur capacité à satisfaire la demande agricole en eau ; l'évaluation de la qualité de la ressource en eau ; la description du type de distribution (tour d'eau, à la demande ou distribution continue) ; la description de la méthode d'application de la ressource en eau aux parcelles (technique d'irrigation, main d'eau, doses d'irrigation, le pilotage de l'irrigation à travers la fréquence et la durée des irrigations).
- **La valorisation agricole à la parcelle** qui concerne la façon et les moyens utilisés par les agriculteurs pour valoriser leurs terres, comprend :
 - Les différents objectifs visés par les producteurs à travers la valorisation agricole de leurs parcelles ;
 - L'étude des pratiques agricoles (identification des différentes cultures ou étages de cultures, caractérisation des itinéraires techniques entre le début de la campagne et la récolte) ;
 - L'étude des résultats des pratiques agricoles à travers l'évaluation du taux d'intensification (rapport entre surface irriguée et surface irrigable), des rendements agricoles ; de la productivité culturale et celle de l'irrigation à travers par exemple le calcul des marges brutes.
- **L'organisation de gestion de la ressource en eau dans un système irrigué** comprend le cadre social de la gestion de la ressource en eau (Organisation administrative et traditionnelle), les relations entre le foncier et les ressource en eau, la distribution de l'eau, la place de la femme et son apport à la bonne marche du système irrigué.

- **L'environnement socio-économique** englobe l'ensemble de structures techniques, économiques et social qui leur donnent assez de garanties pour la réussite de leur activité de production. Il est composé des structures de conseil et d'appui, des coopératives, des services de l'Etat, des structures de vente d'intrants agricoles et de différents matériels, des structures de transformation et de commerce. Le contexte socio-économique conditionne le bon fonctionnement du système irrigué et il faudrait s'y intéresser pour mieux comprendre le périmètre afin de mettre à jour les contraintes auxquelles il fait face.

2.2. Interactions entre composantes d'un système irrigué

La Figure 4 récapitule les différentes composantes d'un système irrigué ainsi que les différentes interactions entre elles. Sur la base de ce schéma, on peut comprendre que le réseau ou système d'irrigation qui est constitué de l'équipement externe et interne, achemine l'eau depuis la prise sur l'oued par exemple vers les plantes au niveau des parcelles. L'aménagement parcellaire en retour impacte le système d'irrigation, puisque c'est lui qui définit les quantités d'eau prélevées. Par ailleurs, le réseau ou système d'irrigation dépend fortement de l'organisation de gestion qui en définit les modalités d'exploitation ainsi que la gestion de l'eau. L'environnement socio-économique quant à lui impacte les autres composantes du système irrigué. Il impacte tout d'abord la valorisation agricole au niveau des parcelles en ce sens que c'est le niveau de revenus des agriculteurs qui définit leurs décisions (choix des assolements, des itinéraires techniques, des intrants). Il impacte aussi les organisations de gestion de l'eau car il définit l'aptitude des irrigants à entretenir eux-mêmes le système d'irrigation ou à mettre en place des unités de contrôle bien fonctionnelles.

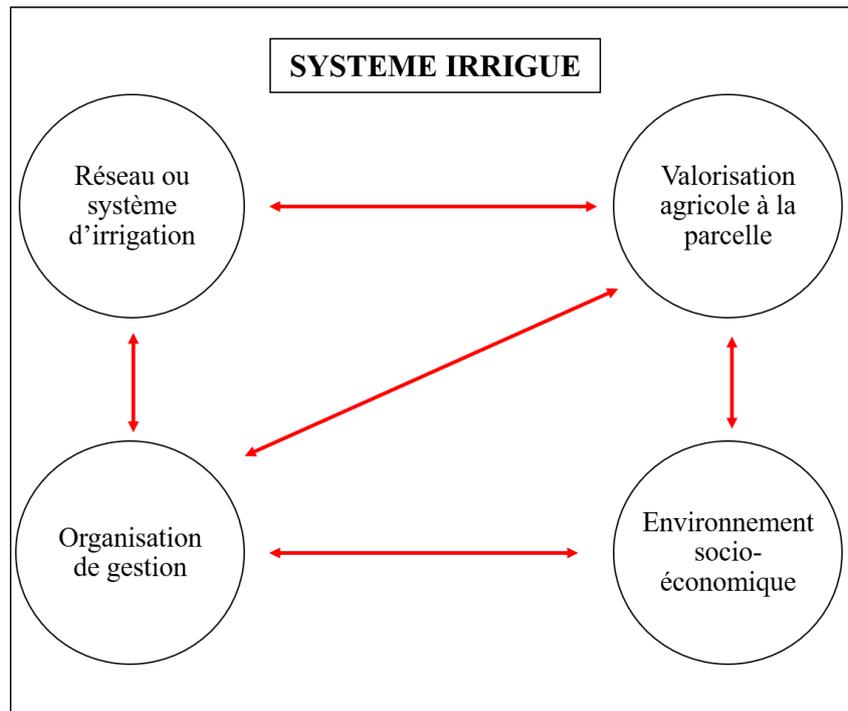


Figure 4 : Interactions entre composantes d'un système irrigué

La collecte des données qualitatives a été possible grâce à ce DPRP qui a inspiré les entretiens et les enquêtes auprès de différentes personnes. Les entretiens oraux se sont faits de façon intuitive alors que les enquêtes elles se sont faites sur la base d'une fiche d'enquêtes élaborées avant de se rendre sur le terrain. La fiche d'enquête est reprise dans l'annexe I.

Les entretiens et les enquêtes ont été effectuées avec des cadres de l'ORMVA, les autorités administratives locales (Caïd, commune), les autorités coutumières locales (Cheikh), les aiguadiers (appelés Nader) et les agriculteurs.

3. Mesures des débits : Méthode du flotteur

Pour pouvoir apprécier les performances techniques du système d'irrigation, il fallait absolument réaliser des mesures de débits. Pour la réalisation de ces mesures, la méthode du flotteur a été utilisée et le protocole expérimental est repris en annexe II.

D'après MOUMNI (2020) et BUREAU (1910) on peut retenir que la méthode du flotteur est une méthode qui permet de mesurer les vitesses dans la tranche superficielle d'un écoulement au moyen de flotteur. Les flotteurs peuvent être soit artificiels (bouteilles en plastiques), soit naturels (morceaux de bois, branches, etc.). Le principe de la méthode est simple : identifier les vitesses des écoulements dans les canaux pour par la suite calculer les débits en tenant compte de la section mouillée.

Le choix de cette méthode s'explique par la facilité d'application de la méthode et son caractère approprié au contexte de l'étude puisque les débits sont mesurés sur des séguias en béton. Ces séguias présentent des sections rectangulaires bien définies et les vitesses de l'écoulement y sont relativement faibles. En plus de cela, le caractère étroit des séguias rend impossible l'utilisation d'un moulinet pour la mesure des débits. Enfin, la méthode du flotteur offre une assez bonne précision et nécessite moins de matériel : il suffit de se munir d'un flotteur, d'un chronomètre et d'un outil de mesure des distances.

4. Calculs d'indicateurs de performances

Pour aboutir aux résultats de l'étude, il fallait procéder au calcul d'un certain nombre d'indicateurs de performances. Les calculs ont été effectués via le tableur d'Excel pour en faciliter l'exploitation par la suite.

Les calculs ont concerné :

- La caractérisation des sections mouillées des séguias sur celles des séguias en terre par la méthode des trapèzes (cf. annexe III) ;
- Les débits d'eau véhiculés dans le système d'irrigation et la comparaison avec la formule de Manning-Strickler ;
- Les efficacités hydraulique par la méthode de débit entrant et débit sortant ;
- Les efficacités agronomiques de l'irrigation à la parcelle ;
- Les besoins en eau des cultures par la formule de Blaney-Criddle
- L'analyse de la pluviométrie ;
- Les pertes d'eau par infiltration dans le réseau d'irrigation par des méthodes empiriques (cf. annexe IV).

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude se situe dans la commune rurale de M'Semrir. Elle se situe dans le Haut Atlas marocain, dans les gorges du Dadès. C'est une PMH de montagne dont toutes les activités sont organisées autour de la ressource en eau. Dans les lignes qui suivent on présentera plus en détail la commune de M'Semrir. La première partie du chapitre portera sur le milieu physique de la commune rurale de M'Semrir à travers sa localisation géographique, son climat et sa pédologie. La deuxième partie concernera les ressources en eau et les ressources en terre de la commune avant de s'intéresser au cadre socioéconomique de la zone. La dernière partie sera une présentation des zones de périmètres irrigués identifiés à la fin du diagnostic terrain, zones où se feront les différents travaux de caractérisation de cette étude.

I. Milieu physique

1. Localisation géographique de la zone d'étude

Créé par le décret n°1834.59.2 du 02 décembre 1959, la commune rurale de M'Semrir est située dans le cercle de Boumalne Dadès et relève de la province de Tinghir qui elle-même relève administrativement de la région de Drâa-Tafilalet. Le siège social de la commune se trouve au centre de M'Semrir et assure les rôles administratif, politique, social et économique. Par la suite, une antenne de la commune a été créée à Oussikis en Novembre 2004.

La commune de M'Semrir s'étend sur une superficie de 416 km² et rassemble 16 douars. La plupart de ces douars sont centrés sur les côtés de la route régionale N°704 reliant Boumalne Dadès et Imilchil par les gorges du Dadès.

La commune rurale de M'Semrir est limitée au Nord-Est par la commune rurale de Tilmi, à l'Est par la commune rurale de Aït Hani, au Sud et au Sud-Ouest par la commune rurale de Aït Sedrate Jbel El Oulia, à l'Ouest et au Nord par la commune rurale de Zaouiat Ahansal.

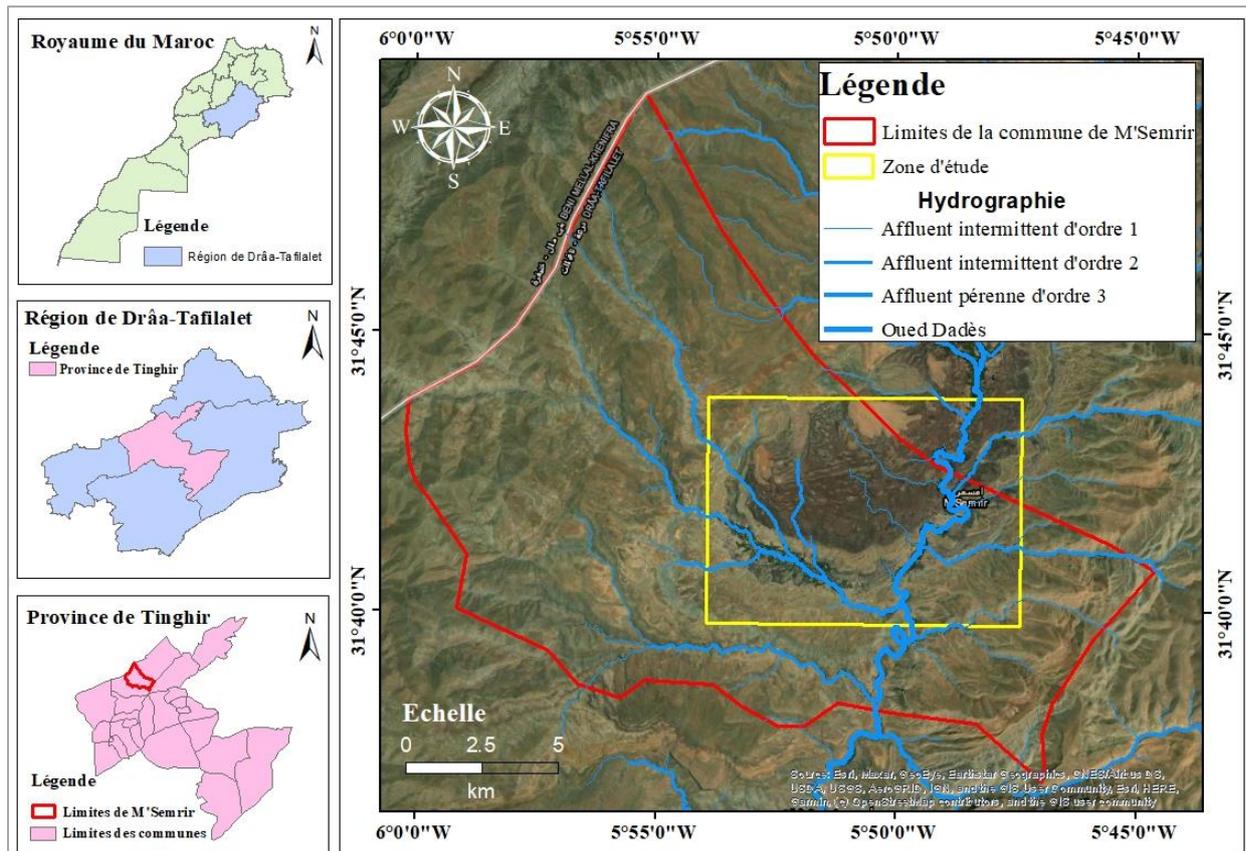


Figure 5 : Localisation de la commune rurale de M'Semrir

2. Caractéristiques climatiques

La commune rurale de M'Semrir a un climat semi-aride tempéré en été et à hiver froid. Elle se situe à une altitude moyenne dépassant 1900 m par rapport au niveau de la mer, ce qui fait que le degré de froid peut atteindre parfois -8°C . La commune reçoit également d'importantes quantités de précipitations neigeuses pendant la saison hivernale. En été, la température moyenne est de 20.3°C alors qu'elle est de 1.1°C en hiver. La température moyenne annuelle est de 10.7°C (Climate-Data, 2022).

Les précipitations dans la commune de M'Semrir varient fortement selon les saisons. Elles peuvent atteindre 200 mm sur la période allant de septembre à mai alors qu'elles ne dépassent pas 100 mm en saison estivale (juin, juillet, août). La précipitation annuelle moyenne est de 340 mm : le mois le moins pluvieux est le mois de Juillet avec 16 mm alors qu'avec une moyenne de 35 mm, Septembre est le mois le plus pluvieux. Avec les changements climatiques de ces dernières années, la commune de M'Semrir observe une baisse considérable de ses pluies : la moyenne des précipitations de ces dernières années (2013-2018) est de 169.88 mm comme le montre la [Figure 6](#) réalisée sur la base des données de l'ORMVAO pour la même période. L'analyse de cette même figure montre que les saisons 2014-2015 et 2016-2017

étaient des saisons relativement pluvieuses puisque les pluies reçues excèdent la moyenne de la période étudiée (ORMVAO, 2017).

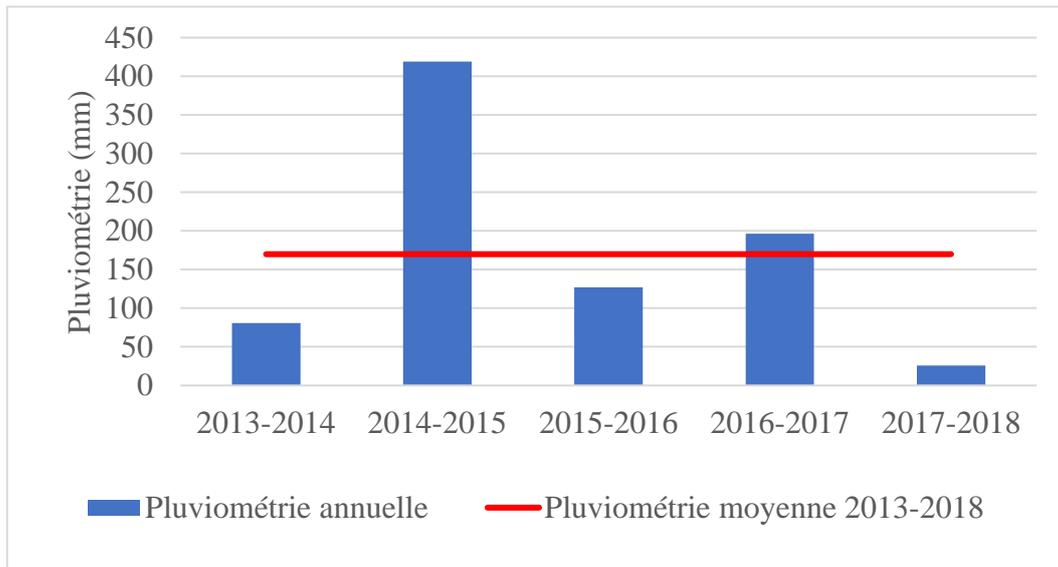


Figure 6 : Variation interannuelle de la pluviométrie entre 2013 et 2018 à M'Semrir

L'analyse des données climatiques de Climate-Data.org de 1991 à 2021 a permis de réaliser le diagramme ombrothermique de la commune de M'Semrir (cf. [Figure 7](#)). Il permet de voir la variation interannuelle de la température et des précipitations. A travers ce graphique, on observe que pendant les mois de juin, juillet et août la courbe des températures est largement supérieure à l'histogramme de pluviométrie. On peut en déduire donc que les mois d'été à savoir juin, juillet et août sont des mois de stress hydrique intense où l'évaporation est nettement supérieure à la pluviométrie. Cela permet de justifier la pénurie et la raréfaction de la ressource en eau dans la commune de M'Semrir pendant l'été.

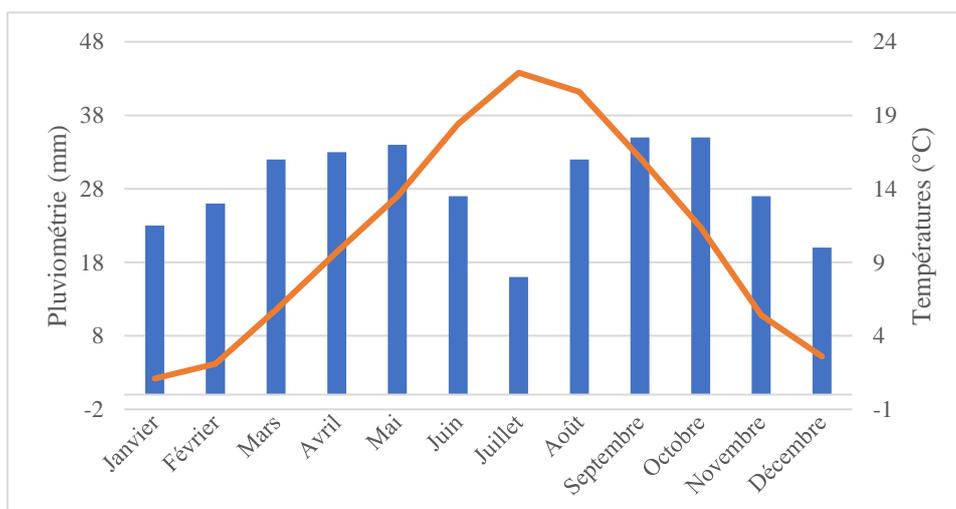


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de M'Semrir

3. Relief, Pédologie et occupation des sols

La commune rurale de M'Semrir est dominée par un relief de type montagneux. Les montagnes occupent 2/3 de la superficie totale avec une altitude moyenne de 1950 m. Ce caractère montagnard fait donc que les superficies arables se concentrent sur les rives des vallées où passent les oueds.

Du point de vue pédologique, la région de Drâa-Tafilalet présente une grande diversité de sol. On y rencontre des sols argilo-limoneux, argilo-limono-sableux, argilo-sablo-limoneux, r'mel, hrache et sablo-limono-argileux. C'est le type argilo-limoneux qui reste dominant. Dans la commune rurale de M'Semrir deux types de sols peuvent être distingués : un sol épais rocheux sur les pentes et un sol argileux mince de type limon-argileux fin ou limono-sableux s'étendant le long des rives des vallées. Ces sols sont peu évolués d'apports alluviaux (ORMVAO, 2017).

En ce qui concerne l'occupation des sols dans la commune rurale de M'Semrir, on observe une couverture végétale faible : si l'on exclue la SAU de la surface totale de la commune, 86% du reste de la surface totale restante représente des terres incultes, 13% des terres de parcours et moins de 1% des espaces de forêts. La SAU se concentre sur une surface réduite aux rives des oueds au niveau des vallées (ORMVAO, 2015).

II. Ressources en eau et en terre

1. Ressources en eau

L'eau dans la commune rurale de M'Semrir est une denrée précieuse qui impacte fortement le développement et la survie de cette oasis de montagne. L'eau de la commune rurale de M'Semrir provient essentiellement de l'oued Dadès mais cela n'empêche l'utilisation des ressources en eau souterraines.

1.1. Eaux superficielles

Les ressources en eau superficielles de la commune rurale de M'Semrir proviennent essentiellement de l'Oued Dadès et de son affluent Oussikis sur lequel avait été construit un barrage, celui de Akka N'Oussikis. L'Oued Dadès appartient au sous bassin du Haut Drâa. A l'échelle du bassin versant le réseau hydrographique est constitué de l'Oued Dadès et de ses principaux affluents que sont M'goun, Hajjaj et Izerki. Le volume moyen annuel des ressources en eau de surface est estimé à 270 Mm³ dont 147 Mm³ apporté par l'Oued M'goune et 120 Mm³ drainés par la partie amont de l'Oued Dadès (Zone de M'Semrir - Boumalne Dadès) (ORMVAO, 2017).

1.1.1. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la commune rurale de M'Semrir est basé sur l'Oued Dadès et ses différents affluents.

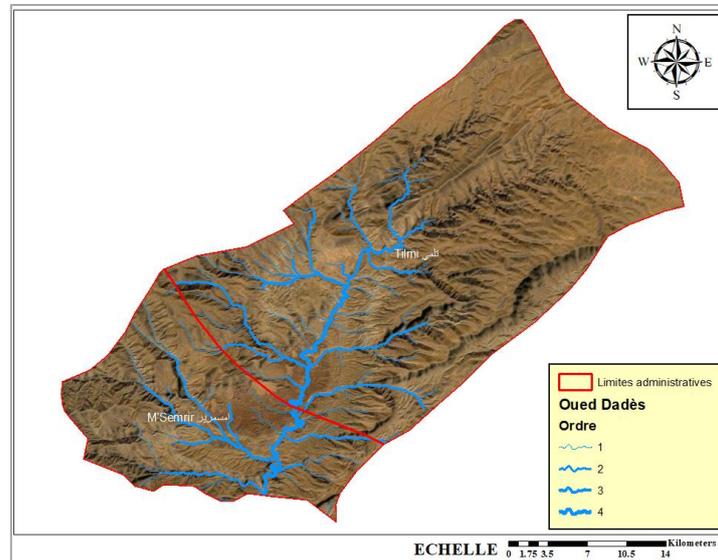


Figure 8 : Réseau hydrographique de l'Oued Dadès

La Figure 8 montre l'étendue du réseau hydrographique de la commune de M'Semrir. On peut observer que l'Oued Dadès prend sa source dans les montagnes de l'Oued Dadès dans la commune rurale de Tilmi. Le réseau est beaucoup plus développé dans la commune rurale de Tilmi avec 7 affluents et peu développé dans la commune de M'Semrir. Cependant, bien qu'il soit développé et assez ramifié dans la commune de Tilmi, les eaux transitent en totalité par la commune de M'Semrir en direction du barrage de Mansour Eddahbi. La commune profite donc de ces eaux de l'Oued Dadès mais également de celles d'un des affluents du Dadès que les locaux appellent Oued Oussikis.

A travers la Figure 9 qui montre le réseau hydrographique de M'Semrir, on peut comprendre l'importance de l'Oued et de ses affluents dans la commune rurale de M'Semrir. En effet, on voit que les superficies cultivées par les agriculteurs de la commune se concentrent autour de l'Oued Dadès, de l'Oued Oussikis et légèrement autour de l'Oued Irghiss. Dans la commune, les principaux cours d'eau sont l'Oued Dadès (ordre 4) et son affluent Oussikis (ordre 3) qui sont tous deux pérennes même si leurs débits sont sujets à de fortes variations interannuelles. Un des affluents de l'Oued Oussikis (ordre 2) appelé Oued Irghis présente de temps à autre une source d'eau mais il est la plupart du temps asséché. Pour rappel, l'ordre des branches du réseau hydrographique est indiqué de l'amont vers l'aval en partant des plus petits affluents vers le cours d'eau principal qui a de ce fait le plus grand ordre (MOUMNI, 2020).

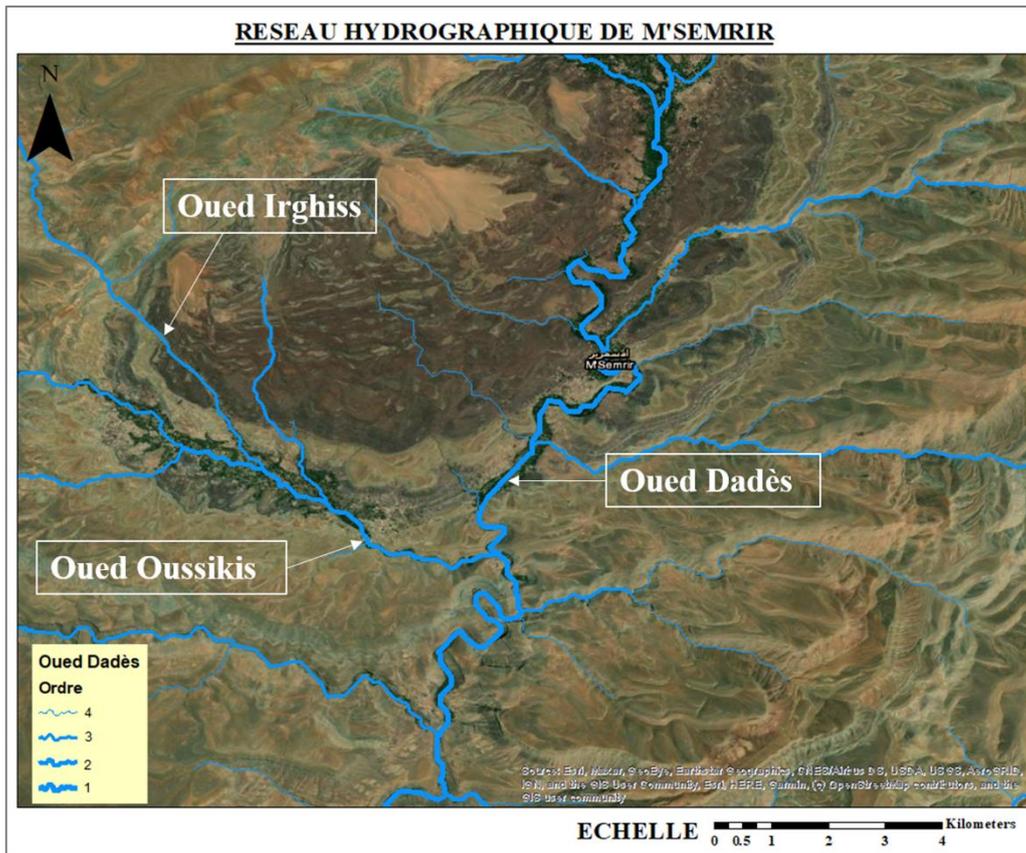


Figure 9 : Réseau hydrographique dans la commune rurale de M'Semrir

1.1.2. Barrage d'Akka N'Oussikis

Une ressource en eau importante pour la commune rurale de M'Semrir est le barrage d'Akka N'Oussikis même si celui-ci n'assure plus son rôle de stockage depuis un certain temps en raison de l'envasement total de sa retenue. Le barrage d'Akka N'Oussikis a été construit en 1986. C'est un barrage collinaire de type maçonnerie construit sur l'Oued Oussikis en vue de palier aux fortes variations de régime de ce cours d'eau. Situé à 1 km en amont des parcelles agricoles, le barrage était destiné à l'irrigation surtout et devait ainsi servir à l'extension de la surface agricole totale cultivée à Oussikis. Une augmentation de 140 ha à 340 ha fut réalisée avec la construction du barrage. Le Tableau 3 reprend les caractéristiques du barrage d'Akka N'Oussikis (Centre National de Documentation, 1986).

Tableau 3 : Caractéristiques du barrage d'Akka N'Oussikis
(Centre National de Documentation, 1986)

Longueur de la crête (m)	67
Hauteur de couronnement (m)	3
Hauteur totale (m)	26.5
Capacité de stockage (m³)	376 000

Comme indiqué en début de ce paragraphe, le barrage d'Akka N'Oussikis n'assure plus son rôle depuis un certain temps. Selon les dires des locaux, sa retenue s'est progressivement envasée jusqu'en 2001 où elle fut entièrement envasée, privant ainsi les populations d'une source d'eau qui était accessible et régulière. Les raisons de l'envasement sont aux dires des personnes enquêtées, la mauvaise gestion (absence du gestionnaire pour les lâchers ou l'ouverture de la vidange de fond pour l'évacuation de la vase au fond) et les nombreuses crues importantes survenues pendant cette période.



Photo 5 : Barrage d'Oussikis en Avril 2022

1.2. Eaux souterraines

En ce qui concerne les aquifères dans le haut sous bassin de l'oued Dadès duquel relève la commune de M'Semrir, ils sont constitués par des calcaires et dolomies du lias et des grès du jurassique largement fracturés. Ces formations géologiques peuvent emmagasiner

d'importantes quantités d'eau de pluies ou de fonte de neige et on parle alors de nappes karstiques.

1.2.1. Puits et forages

On dénombre plusieurs puits et forages dans la commune rurale de M'Semrir. Les puits et forages sont en majorité utilisés pour les besoins de consommation des ménages et pour l'irrigation des jardins des maisons. Ils ont la plupart été construits avant 2015 sur initiative personnelle. Selon les habitants de M'Semrir, cela s'explique par l'absence de demande autorisation pour le creusement de puits et forages, le nombre important et la disponibilité du matériel de forage, ainsi que le coût de revient relativement nul ou faible (maximum 100 DH/m).

Après 2015, le nombre de creusement de puits a considérablement diminué. En effet, le creusement de puits ou forages était d'abord soumis désormais à l'obtention d'une autorisation octroyée après l'envoi d'une demande auprès de l'ABHDON via la Caïdat. A propos de l'autorisation, elle était accordée si uniquement le forage creusé se trouvait à une distance minimale de 100 m de l'oued. Cette nouvelle mesure des autorisations pour le creusement de puits ou forages pourrait être associé aux nouveaux amendements de la loi 10-95 à travers la loi 36/15. Ensuite le coût de creusement des puits a considérablement augmenté (300 à 400 DH/m) parce qu'il n'y a plus assez de matériel de creusement.

Dernièrement, on assiste au développement du pompage solaire dans la commune de M'Semrir. Il y'a eu entre 2017 et 2021 la réalisation du projet OASIL qui a participé à équiper de pompes solaires les puits et forages destinés ou à l'irrigation dans la commune de M'Semrir ou à l'abreuvement du cheptel pour éviter qu'ils n'entrent dans les parcelles agricoles. Ce projet était piloté par le Ministère chargé du Développement Durable (ex Environnement), le Ministère de l'Agriculture, l'Agence Nationale pour le Développement des Zones Oasiennes et de l'Arganier (ANDZOA), l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et la FAO, avec le soutien d'un certain nombre d'acteurs locaux et régionaux.



Photo 6 : Station de pompage solaire destinée à l'abreuvement du cheptel



Photo 7 : Station de pompage solaire des eaux souterraines pour l'irrigation à Almou

1.2.2. Khettaras

Une autre façon d'exploiter les ressources en eau dans la commune de M'Semrir est la construction de Khettaras pour l'irrigation des terres agricoles. Deux khettaras ont été observées dans la zone d'étude. Selon les dires des locaux, elles ont été construites il y a plus de 100 ans. Leur gestion et les droits d'eau sont répartis entre 7 tribus d'ayant-droits selon un tour d'eau ayant ses règles particulières.



Photo 8 : Deuxième khattara dans la commune rurale de M'Semrir



Photo 9 : Trou d'accès à la première khattara dans la zone de M'Semrir

1.3. Qualité des eaux

Les eaux superficielles de M'Semrir bien qu'étant claires sont malheureusement de mauvaise qualité en raison de la présence des produits chimiques. En effet, l'absence d'un réseau de drainage dans la commune fait que les pesticides sont acheminés vers l'oued ou lessivés vers la nappe. On a observé par endroit même des agriculteurs qui rejetaient l'eau de rinçage de leurs pulvérisateurs dans les séguias. En plus de ces pesticides on note la présence de produits de lessive dans les eaux puisque c'est assez commun pour les femmes de faire leur lessive sur les rives de l'oued ou même dans les séguias d'irrigation qui passent à côté des maisons. En ce qui concerne les ressources en eau souterraines, elles sont de forte salinité en raison de la nature des formations géologiques qui les contiennent (cf. paragraphe Eaux souterraines du chapitre 2 des matériels et méthodes).



Photo 10 : Dépôt de sel dans une sèguia où circulent des eaux pompées à M'Semrir



Photo 11 : Traces de produits chimiques de lessive dans une sèguia de M'Semrir

2. Ressources en terre

2.1. Statut juridique des terres

Selon l'ORMVAO on rencontre trois types de terres dans la commune rurale de M'Semrir : les terres privées, les terres collectives et les habous.

Les terres privées ou Melk constituent le statut foncier le plus répandu dans la commune rurale de M'Semrir. 99% des terres sont des Melk bien qu'il n'existe pas de titre foncier à proprement parlé. C'est d'ailleurs ce qui cause le plus de problèmes et de conflits entre les propriétaires terriens puisqu'il n'y a pas de titres fonciers qui délimitent clairement les limites des terres de chacun.

Les terres collectives constituent le deuxième type le plus rencontré dans la commune avec une superficie équivalente à 0.75% de la superficie totale de la commune. Elles appartiennent aux tribus et non à des individus. Elles sont régies par la propriété collective et constituent le plus ancien modèle de propriété foncière.

Les habous sont des terres données par des individus aux mosquées de la commune dans un but religieux. Elles sont mises en valeur directement par les mosquées ou elles sont alors louées à des particuliers. Les habous de la commune de M'Semrir représente 0.25% de la surface totale de la commune (ORMVAO, 2017).

Le foncier dans la commune de M'Semrir se caractérise par un morcèlement excessif des terres qui ne sont d'ailleurs pas nombreuses.

2.2. Typologie des exploitations

D'un point de vue agricole, la SAU totale de la commune rurale de M'Semrir est évaluée à environ 600 ha. C'est une zone de PMH qui se concentre sur les rives du Dadès et de ses affluents. Le Tableau 4 montre que cinq types d'exploitations agricoles sont rencontrées dans cette zone de PMH mais on en distingue essentiellement trois types d'exploitations.

Tableau 4 : Caractérisation des exploitations agricoles à M'Semrir

(Source : ORMVAO)

Type d'exploitation	Surface totale	Pourcentage de la SAU totale
0 à 0.5 ha	300	50%
0.5 à 1 ha	200	33%
1 à 2 ha	75	12.5%
2 à 5 ha	24	4%
Plus de 5 ha	1	0.17%
Total (ha)	600	100%

Dans le périmètre de M'Semrir on observe un morcellement excessif des terres agricoles. La superficie moyenne d'une exploitation est de 0.58 ha avec en moyenne 15 parcelles par exploitations. Ce qui donne une superficie moyenne d'environ 400 m² par parcelle (ORMVAO, 1999).

III. Cadre socio-économique

1. Population et démographie

Selon le RGPH de 2014, la commune rurale de M'Semrir compte 8 866 habitants dont 50.54% d'hommes et 49.46% de femmes. La densité de la population est de 33.93 hab./km². La pyramide des âges présente une population relativement jeune avec : 39.42% de jeunes de moins de 15 ans, 52.5% de personnes âgés entre 15 et 59 ans et 8.08% de personnes âgés de plus de 60 ans. La commune rurale de M'Semrir compte environ 1218 ménages et chaque ménage compte en moyenne 6 à 7 membres (RGPH, 2014).

2. Economie de la zone

L'économie de la commune rurale de M'Semrir repose essentiellement sur l'agriculture, l'élevage et le tourisme. Mais avec la pandémie de ces dernières années il y a un fort recul du tourisme, limitant l'économie de la commune aux activités pastorales et commerciales. La commune est certes classée parmi les centres émergents et prometteurs de la région de Drâa-Tafilalet (taux d'électrification rurale de 97% et taux d'alimentation en eau potable de 98%) mais il n'en demeure pas moins qu'elle reste encore pauvre selon les données de classification de l'ORMVAO (cf. Figure 10).

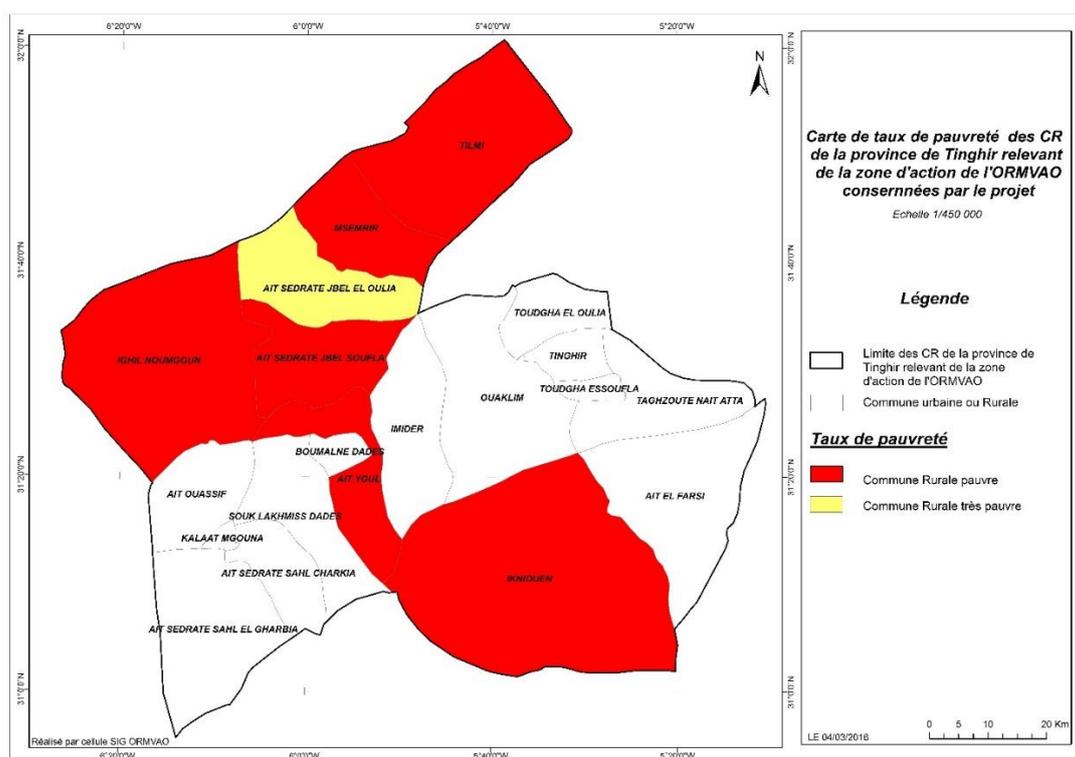


Figure 10 : Carte de pauvreté des communes rurales de la province de Tinghir (ORMVAO, 2017)

2.1. Agriculture et production végétale

L'agriculture occupe une place importante dans l'économie de M'Semrir. C'est une agriculture faiblement mécanisée qui fait encore appelle à des outils rudimentaires et archaïques. 93.8% des agriculteurs sont des hommes et seulement 6.3% sont des femmes. La SAU de la zone est évaluée à environ 442 ha. La taille moyenne des exploitations agricoles est de 0.6 ha et cette exploitation moyenne comprend en moyenne 15 parcelles.

Le système de production végétale dans la commune est un système de type oasis de montagne à deux étages. Le premier étage est celui des arbres fruitiers et est dominé par le pommier qui constitue d'ailleurs la première spéculation agricole cultivée dans la commune. Le pommier a été introduit dans la commune sous l'initiative de l'Etat en 1986 suite à la construction du barrage d'Akka N'Oussikis. Le but de l'introduction du pommier était de d'apporter une plus grande valeur ajoutée à l'agriculture de M'Semrir. Le deuxième étage est celui des cultures annuelles dominées par les céréales (blé tendre, blé dur, orge), les fourrages (luzerne) et le maraîchage (pomme de terre surtout).

La Figure 11 montre l'évolution du système de production végétale dans la commune de M'Semrir ces dernières années. Elle a été réalisée sur la base des données recueillis auprès de l'ORMVAO.

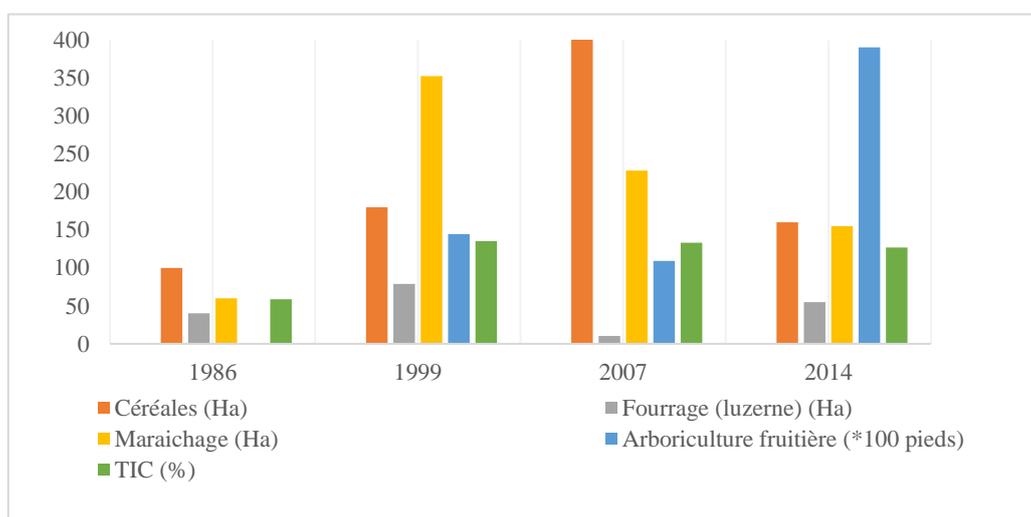


Figure 11 : Evolution de l'assolement à M'Semrir

2.2. Production animale

L'élevage constitue le deuxième secteur d'activités de la commune rurale de M'Semrir. Le Tableau 5 reprend la composition du patrimoine animal de M'Semrir en 2015. On peut observer que la majorité du cheptel de M'Semrir est constitué d'ovins et de caprins.

Tableau 5 : Espèces élevées dans la commune de M'Semrir

(ORMVAO, 2015)

Espèces	Bovins	Ovins	Caprins	Equins	Ruches
Nombre	1319	9984	5501	113	65

3. Dynamiques sociales

Comme le montre le paragraphe III du chapitre 2 des matériels et méthodes, la commune de M'Semrir dispose d'assez de main d'œuvre pour assurer son développement. Cependant on assiste de plus en plus à un exode rural massif des jeunes et adultes sensés travaillés pour le développement de la commune dans les secteurs agricole et pastoral. Ils migrent à la recherche d'un avenir meilleur pour eux (recherche de travail, poursuite des études) et pour leurs parents restés dans la commune (envois de dividendes). Les principaux centres de migration sont les grandes villes du Maroc comme Casablanca, Agadir, Rabat, Ouarzazate, Tanger, Settat.

Une autre dynamique sociale observée dans la commune de M'Semrir est le recours des populations à d'autres activités pour compléter leurs revenus agricoles qui ne parviennent pas à satisfaire tous leurs besoins. Pour ce faire ils s'adonnent à des activités parallèles comme le commerce ou le tourisme.

IV. Présentation des périmètres irrigués de la zone d'étude

Pour mieux tirer profit de cette étude et mieux appréhender le rapport à l'eau des populations de M'Semrir, un focus a été centré sur trois zones de périmètres irrigués de la zone d'étude. Ces zones, ont été choisies selon deux critères à savoir l'origine de la ressource en eau pour l'irrigation et les modes de gestion de cette ressource.

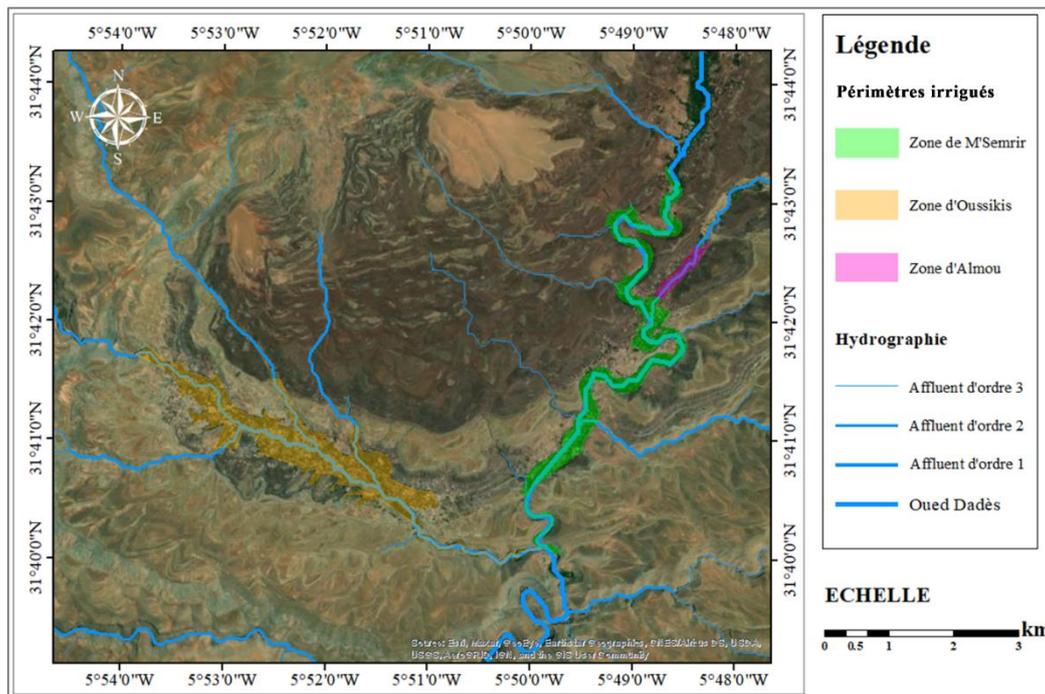


Figure 12 : Présentation des zones d'intérêts dans la zone d'étude

Le premier périmètre irrigué étudié est celui concernant le centre de M'Semrir. Il est alimenté essentiellement par le cours d'eau principal de la commune, l'Oued Dadès, et présente un mode de gestion basé sur un tour d'eau où les agriculteurs irriguent à tour de rôle.

Le deuxième périmètre irrigué étudié est celui de la zone d'Almou. L'eau d'irrigation provient des khattaras et d'une station de pompage solaire pour l'irrigation de la SAU à partir de la nappe. Le mode de gestion est basé sur un tour d'eau entre tribus ayant-droits dont les droits d'eau ont été établis depuis longtemps.

Le troisième périmètre irrigué étudié est le périmètre d'Oussikis. L'intérêt pour cette zone s'explique par la présence du barrage d'Akka N'Oussikis qui était censé aider l'Oued Oussikis pour l'irrigation. Une autre raison est l'existence de puits et forages destinés à l'irrigation dans cette zone. La dernière raison est que cette zone a la plus grande SAU dans la zone d'étude et que le mode de gestion de la ressource en eau est basé sur un tour d'eau établis par accord entre les douars de la zone.

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 1 : CARACTERISATION DU RESEAU D'IRRIGATION ET GESTION DE L'EAU

I. Caractérisation des réseaux d'irrigation

L'aménagement externe de l'irrigation est constitué d'un réseau de séguias en béton ou en terre destiné à l'irrigation d'une SAU de 467.5 ha (valeur obtenue après évaluation sur Google Earth) répartie entre les trois périmètres irrigués de la zone d'étude. Le but de ce paragraphe est de décrire ce réseau d'irrigation dans les trois zones de périmètres irrigués qu'on a identifiées.

1. Réseau d'irrigation de M'Semrir

Le réseau d'irrigation de la zone de M'Semrir est constitué d'ouvrages de mobilisation, des séguias principales et d'un réseau dense de séguias secondaires qui permettent d'irriguer une SAU de 175 ha. Cette valeur de la SAU a été obtenue par délimitation visuelle sur Google Earth après estimation de la surface via la classification supervisée par ArcGIS. La [Figure 13](#) permet d'observer les différentes composantes du réseau d'irrigation externe dans la zone de M'Semrir.

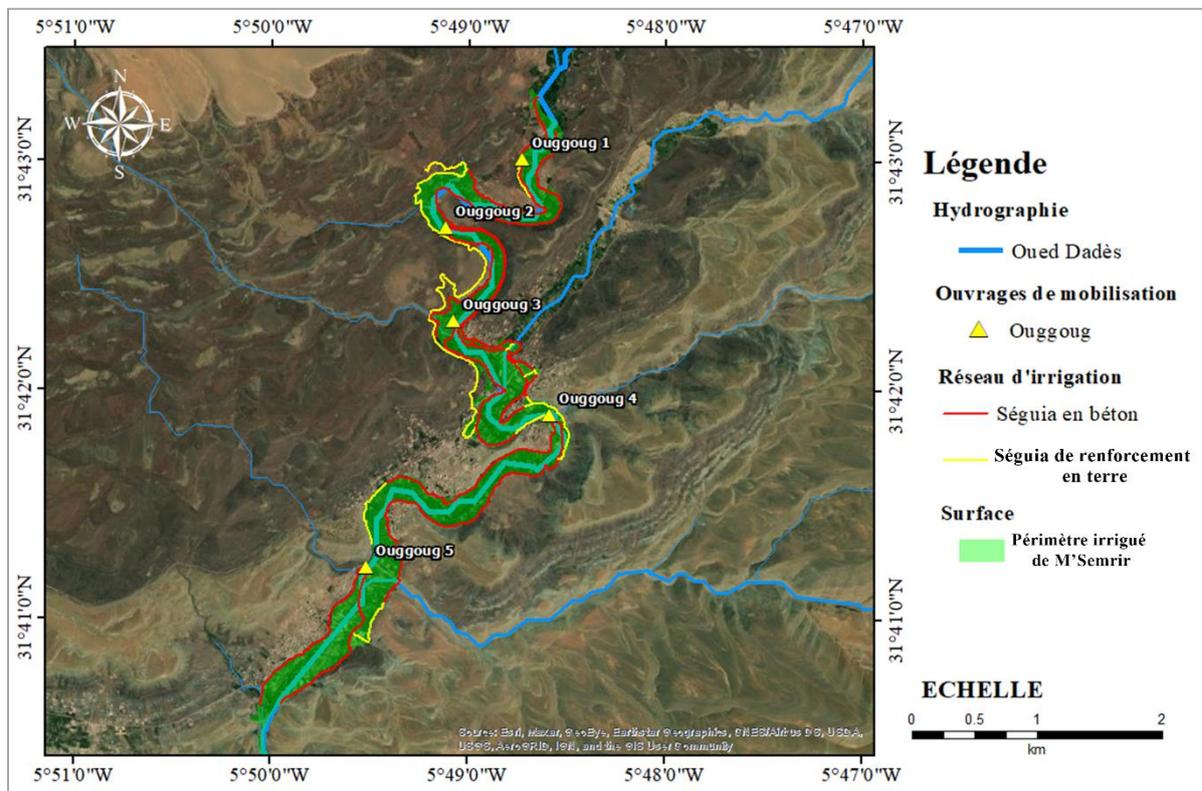


Figure 13 : Aménagement externe de l'irrigation dans la zone de M'Semrir

1.1. Ouvrages de mobilisation

Les ouvrages de mobilisation de la ressource en eau à partir de l'Oued Dadès sont des petits batardeaux de pierres et de terre appelés "Ouggougs" par les locaux. Les Ouggougs, au nombre de 5, sont des ouvrages de dérivation construits par les locaux pour diriger les eaux de l'oued vers les séguias principales. Leur principe de fonctionnement est assez simple : le corps du Ouggoug placé perpendiculairement au sens d'écoulement de l'eau, fait office de seuil qui augmente la hauteur d'eau avant le franchissement de l'ouvrage pour que celle-ci entre dans les séguias. Les Ouggougs ne sont pas étanchéifiés par les locaux pour laisser passer un débit écologique. Ce débit écologique existe pour deux raisons : l'interdiction de l'étanchéification par les responsables de la gestion de l'eau afin de laisser un débit suffisant pour les populations de l'aval et la volonté de préservation du savoir-faire hydraulique des habitants.



Photo 12 : Ouggoug 4 dans la zone de M'Semrir

1.2. Réseau de transport de l'eau

1.2.1. Description du réseau

Le réseau de séguias de la zone de M'Semrir est constitué d'un ensemble de séguias principales en béton réparties sur les rives gauche et droite de l'oued Dadès. Ces séguias principales sont en béton sur une longueur totale de 21 km répartis entre les différents Ouggougs suivant le Tableau 6. L'analyse de ce Tableau 6 montre que la rive droite est équipée d'un plus grand nombre de séguias mais c'est la rive gauche qui possède la plus grande longueur de séguias. L'explication que l'on pourrait avancer est que la majorité des douars de la zone se trouve concentrée sur la rive droite, traduisant un besoin de plusieurs séguias pour les satisfaire tous. Par contre la majorité de la SAU de cette zone est sur la rive gauche, ce qui justifie la longueur des séguias.

Les séguias sont souvent entrecoupées par des ouvrages d'assainissement (appelés Chaabas par les locaux) pour l'évacuation des eaux de pluies qui ruissellent à grande vitesse en raison des pentes élevées dans la zone. A ces points de rencontre entre séguias et Chaabas, on peut observer des ouvrages de franchissement : couverture de la séguia par une dalle ou syphon inversé.



Photo 13 : Dalle de franchissement

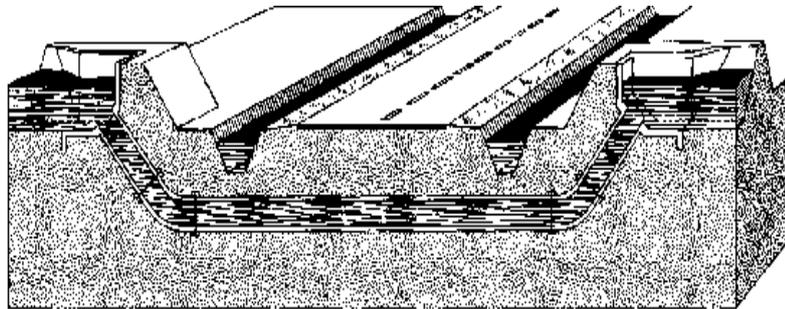


Figure 14 : Principe de fonctionnement d'un syphon inversé

(Source : FAO)

Les séguias en béton sont prolongées à leurs fins par des séguias en terre qui permettent non seulement d'irriguer les parcelles situées à l'aval des séguias en béton, mais surtout de renforcer les séguias en béton du Ouggoug suivant. Elles font office de séguias de renforcement de débit, créant ainsi une connexion entre les différentes séguias du réseau (cf. Photo 14). La longueur totale des séguias de renforcement en terre est de 7,6 km. Le Tableau 7 montre que 73.5% des séguias principales sont bétonnées et 26.5% sont en terre. L'acheminement de l'eau vers les parcelles se fait par un réseau très dense de séguias secondaires en terre rattachées aux séguias principales via des prises.

Tableau 6 : Caractéristiques du réseau de séguias en béton de M'Semrir

Ouvrages de mobilisation	Nombre de séguias			Longueurs (km)	
	RD	RG	Total	RD	RG
Avant Ouggoug 1	1	1	2	0.7	4.6
Ouggoug 1	1	0	1	1.34	0
Ouggoug 2	1	1	2	1.6	2.86
Ouggoug 3	1	0	1	1.77	0
Ouggoug 4	1	1	2	1.96	3.2
Ouggoug 5	1	1	2	1.56	1.48
Totaux	6	4	10	8.93	12.14

RD : Rive Droite ; RG : Rive Gauche

Tableau 7 : Structuration du réseau de séguias principales à M'Semrir

	Longueur (km)	Pourcentage (%)
Séguias principales en béton	21.07	73.5
Séguias principales en terre	7.6	26.5
Total	28.67	100



Photo 14 : Point de rencontre entre une séguia de renforcement en terre et une séguia principale en béton dans la zone de M'Semrir

1.2.2. Caractéristiques géométriques des séguias

Les séguias principales étant en béton, il était assez aisé de les caractériser. Elles présentent chacune une section rectangulaire dont les dimensions sont indiquées sur la [Figure 15](#). Pour les pentes moyennes, le tracé des séguias sur Google Earth Pro a permis d'avoir les profils en long de chaque séguia. Le calcul de la pente moyenne des canaux sur la base des caractéristiques générales par la formule de Manning-Strickler donne une pente moyenne variant entre 0.02% et 0.05%.

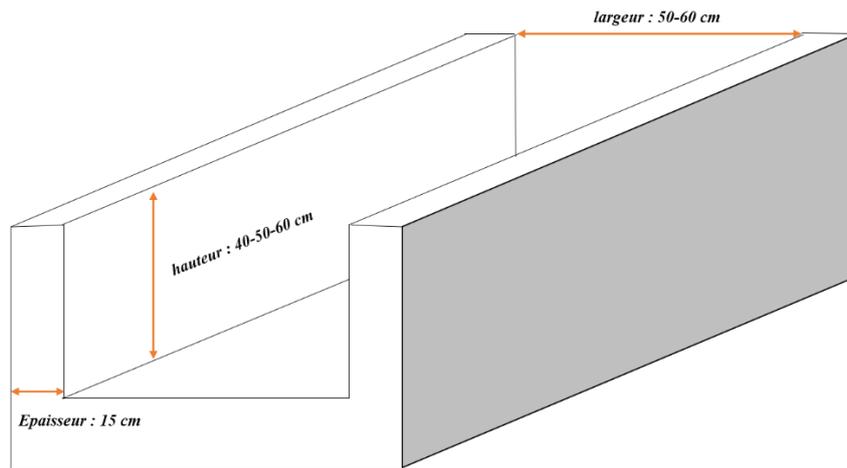


Figure 15 : Caractéristiques géométriques des séguias en béton

Pour les caractéristiques géométriques des séguias en terre, on a réalisé le profil en travers de la plus importante d'entre elles. Pour ce faire, on a utilisé des branches droites comme piquets pour évaluer la profondeur de la séguia en plusieurs points répartis sur toute sa largeur. La profondeur est prise par rapport au niveau de l'eau et non du sol. Le profil obtenu montre que la section est plus ou moins trapézoïdale.

Tableau 8 : Profondeurs pour le profil en travers d'une séguia en terre

Largeur (cm)	0	5	20	31	42	55	60
Profondeur (cm)	0	-15	-20	-21	-17	-13	0

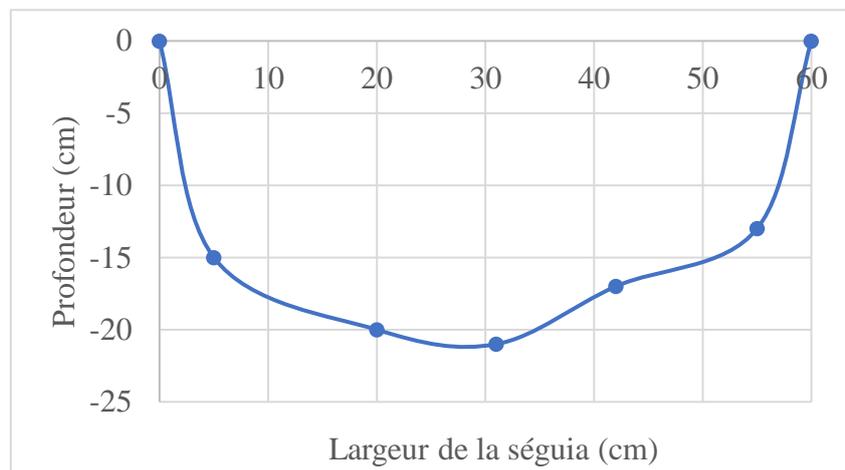


Figure 16 : Profil en travers d'une séguia en terre dans la zone de M'Semrir

L'estimation de cette surface par la méthode des trapèzes (cf. annexe III) a donné une surface de 0.115 m².

1.3. Prises et ouvrages de contrôle

Les prises sont les points de rattachement entre les séguias principales et les séguias secondaires. Elles existent également entre les séguias secondaires et les séguias tertiaires qui assurent le transport de l'eau à l'intérieur des parcelles agricoles. Les prises sur les séguias principales sont du type Tout Ou Rien (TOR) rectangulaires d'environ 25 cm de largeur pour 30cm de hauteur. On rencontre également des trous percés par les agriculteurs dans les séguias et qui jouent le rôle de prises d'irrigation.

Les seules prises encore dans un bon état de fonctionnement sont les prises d'Imi N'Ouarg qui est un douar situé dans la partie aval de la zone de M'Semrir. L'état de ces prises s'explique par la réalisation d'un projet récent (2017) de réhabilitation des séguias dans la commune de M'Semrir. Ces prises de dimension 30*30 cm (cf. [Photo 16](#)), sont dimensionnées pour laisser passer des débits d'irrigation de 30 l/s (ORMVAO, 2017).



Photo 15 : Prises d'irrigation dans la zone de M'Semrir



Photo 16 : Prise 30*30 cm en bon état à Imi N'Ouarg

Les ouvrages de contrôle sont constitués de vannes métalliques manuelles en tête des séguias en béton et que le responsable ouvre pour faire passer l'eau dans les séguias. On a dénombré six vannes dans la zone de M'Semrir. Ces vannes sont installées par paires sur les séguias en

béton des Ouggougs 2, 4 et 5. Celles du Ouggoug 2 ne sont malheureusement plus fonctionnelles. Pour donc fermer les séguias à ce niveau, les responsables obstruent la séguia avec un batardeau fait de pierres et de vase.



Photo 17 : Vanne de Contrôle au niveau du Ouggoug 5 de M'Semrir

2. Réseau d'irrigation d'Almou

La zone d'Almou possède un réseau d'irrigation assez particulier dans la commune de M'Semrir. Cette particularité réside dans le fait que l'eau d'irrigation provient essentiellement de la nappe. La SAU irriguée est de 18.5 ha.

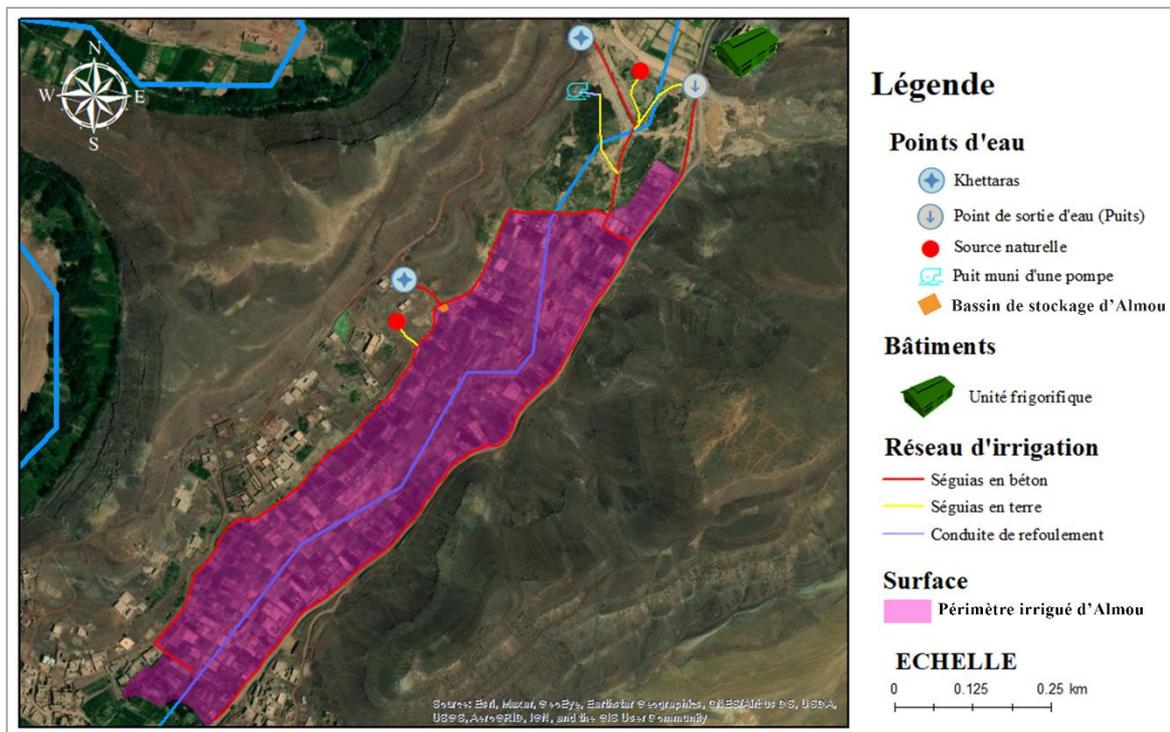


Figure 17 : Description de l'aménagement externe de la zone d'Almou

2.1. Ouvrages de mobilisation

Comme le montre la [Figure 17](#), les ressources en eau de la zone d'Almou proviennent surtout de deux khettaras. Selon les gens de cette zone, elles ont été construites il y a plus de 100 ans. Cette ancienneté traduit d'une certaine façon sa relative résistance aux temps. Cela est dû aux efforts consentis par les tribus ayant-droits à l'entretien et à la bonne gestion de leurs khettaras. Pour la première khettara illustrée par la [Figure 18](#), le premier puits tout en amont aurait une profondeur de 50 m alors que celui tout à l'aval aurait une profondeur de 10 m. La deuxième khettara vient renforcer la séguia de la RD. L'eau de ces deux khettaras proviennent de la nappe et l'existence de deux sources dans la zone d'Almou montre d'ailleurs que cette nappe est très proche de la surface du sol.

Autrefois, l'eau délivrée par les khettaras étaient stockée dans un bassin de stockage (cf. [Photo 18](#)) avant de procéder à l'irrigation selon le tour d'eau. Le bassin de stockage n'est plus utilisé de nos jours puisque la station de pompage délivre un débit d'eau assez régulier. Les caractéristiques du bassin sont reprises dans le [Tableau 9](#). Avec la baisse du débit délivré par la khettara, il y a eu la mise en place d'une station de pompage solaire (cf. [Photo 7](#)) pour renforcer le débit des khettaras qui demeurent toujours fonctionnelles. Selon les habitants le forage aurait une profondeur de 85 m.

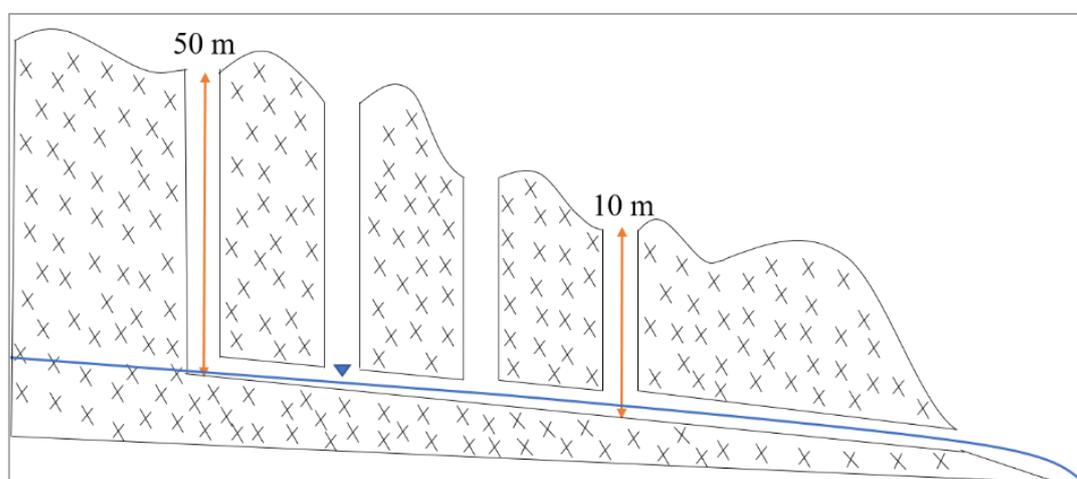


Figure 18 : Caractéristiques de la première khettara dans la zone d'Almou

Tableau 9 : Caractéristiques géométriques du bassin de stockage dans la zone d'Almou

Forme	Carrée
Côté extérieur (m)	10
Epaisseur des cotés (m)	0.5
Coté intérieur (m)	9
Profondeur à la construction (m)	2
Volume à la construction (m³)	162
Profondeur moyenne mesurée (m)	1.78
Volume moyen actuel (m³)	144
Taux d'envasement	11%



Photo 18 : Bassin de stockage de l'eau de la khettara

2.2. Description du réseau de transport de l'eau

Le réseau d'irrigation de la zone d'Almou se compose de deux séguias principales en béton qui longent les rives droite et gauche de l'Oued Almou sur des longueurs respectives de 1,2 et 1,4 km. Les pentes moyennes de ces deux séguias calculées par la formule de Manning-Strickler varient entre de 0.1% et 0.05%. Les caractéristiques géométriques des séguias en béton sont les suivantes :

Tableau 10 : Caractéristiques géométriques des séguias d'Almou

Largeur (cm)	30-40
Hauteur (cm)	30-40
Épaisseur (cm)	10

Pour acheminer l'eau vers les parcelles, il existe des séguias secondaires en terre qui viennent se rattacher aux séguias principales via des prises de type tout ou rien comme dans le cas de M'Semrir (cf. [Photo 15](#)). Il n'existe pas d'ouvrages de contrôle ni de franchissement dans la zone d'Almou.

3. Réseau d'irrigation d'Oussikis

L'aménagement externe du réseau d'irrigation d'Oussikis n'est pas tellement différent de celui de la zone de M'Semrir. Ce qui fait sa particularité est son histoire et l'utilisation combinée des ressources en eau superficielle et souterraine. La SAU irriguée est de 274 ha.

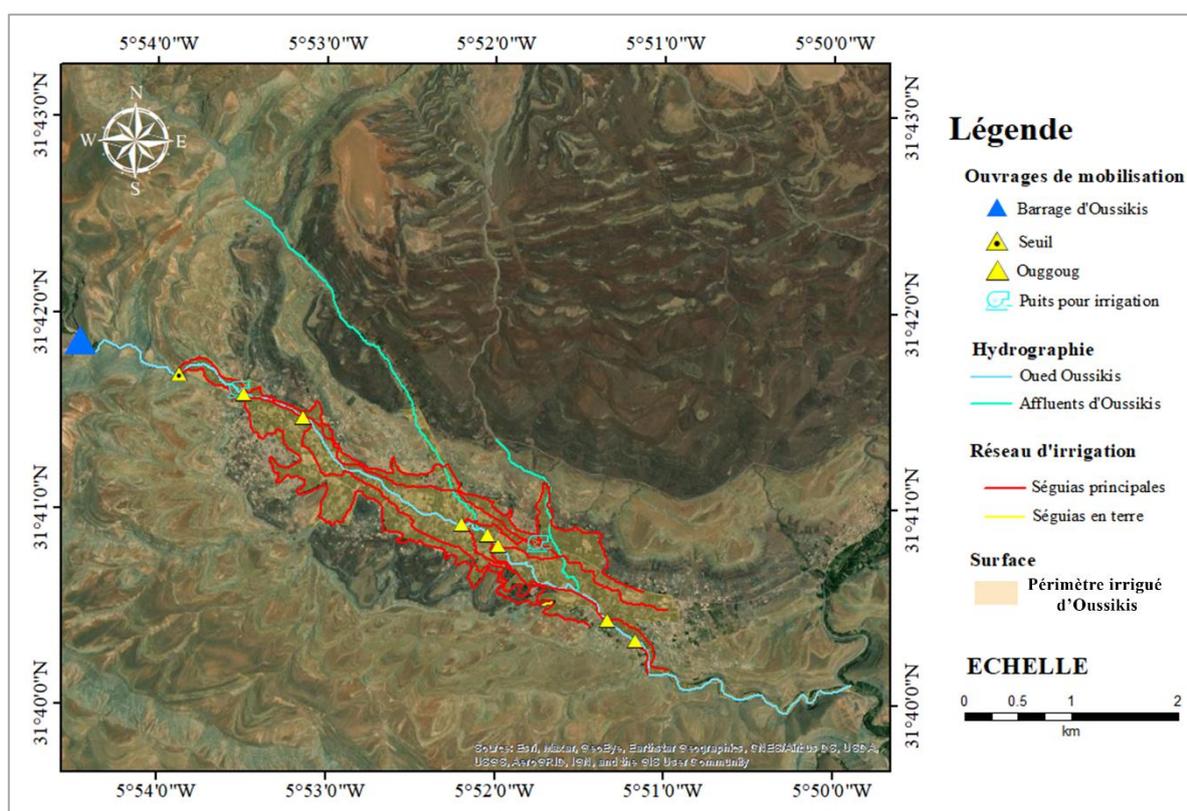


Figure 19 : Description de l'aménagement externe d'irrigation d'Oussikis

3.1. Ouvrages de mobilisation

Les eaux du périmètre irrigué d'Oussikis proviennent essentiellement de l'Oued Oussikis. Il y a aussi l'utilisation des eaux de l'Oued Irghis (sur la RG), des sources Talat Nouzmou (sur la

RG) et Anmiter (sur la RD) pour l'irrigation des parcelles non dominées par les eaux de l'Oued Oussikis. Il y a enfin l'utilisation des eaux souterraines via trois stations de pompage.

3.1.1. Mobilisation des eaux superficielles

Pour la mobilisation des eaux superficielles de l'Oued Oussikis il y a trois types d'ouvrages qu'on peut regrouper en deux catégories : les ouvrages traditionnels et les ouvrages modernes.

- **Les ouvrages modernes :** Ils rassemblent le seuil et le barrage d'Oussikis. Le seuil est historiquement le premier ouvrage de mobilisation de l'eau dans la zone. Il a été construit en 1967-68 par la Promotion Nationale et permettait d'alimenter les deux séguias principales de la zone. Le barrage d'Oussikis fut construit un peu plus tard et est rentré en service dans les années 1986. Son rôle était de renforcer le débit des séguias du seuil et d'offrir une quantité régulière d'eau pour l'irrigation. Ses caractéristiques sont indiquées dans le Tableau 3.
- **Les ouvrages traditionnels :** Ils sont constitués par les Ouggougs. Ils ont été mis en place par les populations pour alimenter le réseau de séguias traditionnelles des parties basses de la zone. On dénombre environ 7 Ouggougs dans la zone d'Oussikis.

3.1.2. Mobilisation des eaux souterraines

Les eaux souterraines pour l'irrigation dans la zone d'Oussikis sont mobilisées via des puits et forages. Trois forages destinés à l'irrigation ont été creusés dans tout le périmètre mais seulement deux sont utilisés pour le moment puisque selon les dires du Cheikh d'Oussikis, il faut augmenter la profondeur du troisième forage. L'inventaire des puits et forages réalisé dans la zone d'Oussikis (cf. annexe V) a donné une profondeur moyenne des forages de 64 m. 57% de ces forages sont munies de pompes fonctionnant grâce à l'énergie électrique photovoltaïque contre 28,3% pour l'énergie électrique classique et 14,7% pour l'énergie humaine. Les deux forages destinés à l'irrigation sont munis de pompes solaires.

3.2. Réseau de transport

Le réseau de séguias dans la zone d'Oussikis est, comme dans la zone de M'Semrir, constitué de séguias principales en béton répartis sur les rives gauche et droite de l'Oued Oussikis. Le réseau de séguias commence au niveau du seuil avec les deux séguias les plus anciennes de la zone. Il s'agit de la séguia Talat N'Jmaa sur la rive droite et de la séguia Outharfi sur la rive gauche avec des débits respectifs de 150 l/s et 100 l/s. Par la suite il y a une dizaine d'autres séguias qui ont été construits en direction de l'aval. Les caractéristiques du réseau peuvent être résumées dans le suivant.

Tableau 11 : Caractéristiques descriptives du réseau d'irrigation d'Oussikis

Ouvrages de mobilisation	Nombre de séguias			Longueurs (km)	
	RD	RG	Total	RD	RG
Seuil	1	1	2	5.7	7.4
Ouggoug 1	1	0	1	5.36	0
Ouggoug 2	0	1	1	0	2.86
Ouggoug 3	1	1	2	0.80	1.12
Ouggoug 4	1	0	1	1.61	0
Ouggoug 5	0	1	1	0	1.98
Ouggoug 6	0	1	1	0	0.86
Ouggoug 7	1	0	1	0.38	0
Totaux	5	5	10	13.85	14.22

RD : Rive Droite ; RG : Rive Gauche

Tout comme dans la zone de M'Semrir, les séguias sont interconnectés entre elles par des séguias en terre. Par contre elles ne sont pas connectées de la même façon.

- A M'Semrir ce sont les séguias de l'amont qui viennent renforcer les séguias de l'aval et ainsi de suite.
- A Oussikis, c'est beaucoup plus complexe. Par exemple les séguias des Ouggougs 1 et 2 viennent renforcer les séguias principales du seuil puisqu'elles sont très longues. La Figure 20 réalisée par un des enquêtés illustre les différentes interconnexions entre les séguias principales.

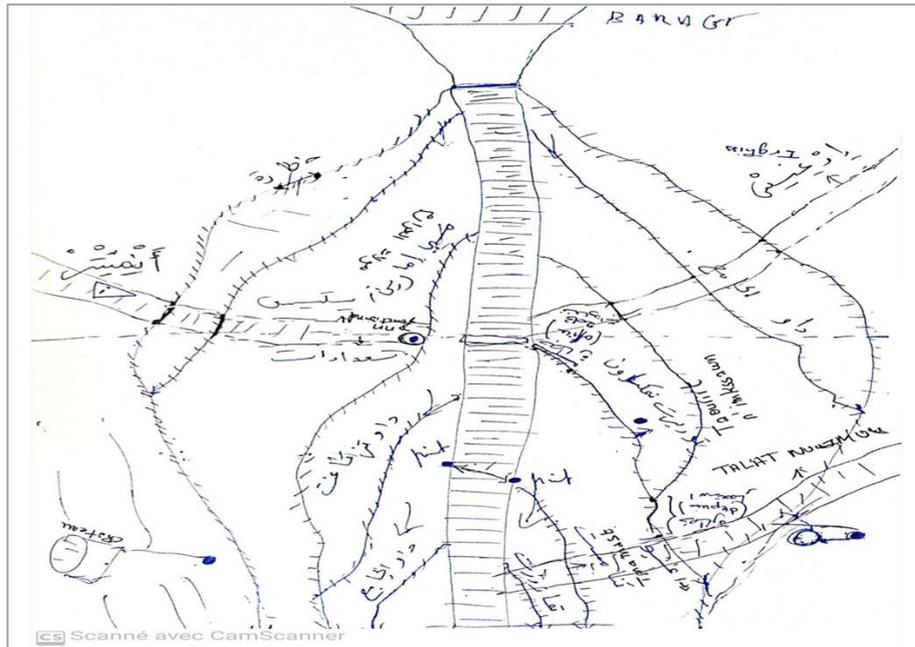


Figure 20 : Interconnexion des séguias dans la zone d'Oussikis

(Source : Enquêtes)

En ce qui concerne les caractéristiques géométriques des séguias elles sont reprises par le Tableau 12.

Tableau 12 : Caractéristiques géométriques des séguias à Oussikis

Largeur (cm)	50-60
Hauteur (cm)	60
Epaisseur (cm)	15
Pente moyenne (%)	0.2 - 0.03

Les ouvrages de franchissement des routes et des Chaabas sont les mêmes que ceux observés dans la zone de M'Semrir à savoir des dalles de couverture des séguias ou des syphons inversés (cf. Photo 13 et Figure 14).

II. Gestion de l'eau agricole

La gestion de l'eau diffère dans les trois zones de périmètres irrigués identifiées.

1. Zone du centre de M'Semrir

1.1. Le tour d'eau

Dans la partie amont de la zone de M'Semrir, le tour d'eau se fait de l'amont vers l'aval. Les agriculteurs irriguent l'un après l'autre en respectant l'ordre de position de l'amont vers l'aval. La totalité des agriculteurs enquêtés dans cette zone disent qu'il n'y a pas de durée exacte du tour d'eau : il s'agit d'une irrigation au fil de l'eau. Pour eux, la règle est simple ; pour reprendre les dires d'un de ces agriculteurs, la présence d'eau dans la séguia principale qui domine son exploitation veut dire que son voisin en amont a fini d'irriguer et qu'il peut alors procéder à l'irrigation de son exploitation. Mais sur la base de leurs pratiques d'irrigation, on a conclu que le tour d'eau avait une durée comprise entre 7 jours (durée entre deux irrigations pour les parcelles de pomme de terre) et 15 jours (durée entre deux irrigations pour les champs de blé) puisque les agriculteurs irriguent une fois leurs parcelles à chaque tour d'eau. En période d'étiage (Juin-Juillet), l'eau est distribuée de manière alternative entre les séguias, de la rive droite vers la rive gauche.

Le tour d'eau dans la partie aval de la zone de M'Semrir (Imi N'Ouarg) suit le même principe que celui de la partie amont. Par contre en raison de la faible disponibilité de l'eau puisque les populations de l'amont irriguent la plupart du temps, l'eau est acheminée alternativement entre les séguias des rives droite et gauche. En plus de cela, la majorité des agriculteurs irriguent leurs parcelles la nuit pour profiter du fait que les gens de l'amont n'irriguent pas.

1.2. Modalités de fonctionnement du tour d'eau

Pour le bon fonctionnement et la supervision du tour d'eau, certaines modalités sont mises en place par les responsables des douars ou des fractions. Les fractions sont des groupes ethniques dont les membres ont des liens familiaux. Plusieurs fractions peuvent vivre dans le même douar.

La première modalité de fonctionnement du tour d'eau est l'élection d'un aiguardier (appelé Nader par les habitants locaux). Dans la partie amont, l'aiguardier est élu chaque octobre par Taqbilt. A M'Semrir, Taqbilt est un mot utilisé pour désigner l'assemblée qui élit le Nader. Les membres de ce collège sont le Cheikh de la commune de M'Semrir, les moqqadems et les représentants des fractions. A Imi N'Ouarg dans la partie aval, les irrigants choisissent chaque année entre le mois de juin et juillet, trois Naders pour superviser et contrôler le tour d'eau.

La deuxième modalité de fonctionnement du tour d'eau concerne l'entretien des séguias. L'entretien est réalisé deux fois par an dans la partie amont (entre février et Mars ; entre Juin

et Juillet) et trois fois par an (chaque 4 mois) dans la partie aval. Le moment venu, l'entretien débute un dimanche et s'étend sur 3 à 8 jours. En cas de crues, le conseil peut décider de réaliser une opération d'entretien des séguias ou d'approfondissement du lit de l'Oued. Ces opérations d'approfondissement se font entre Aït Marghad en amont de la zone de M'Semrir et Imi N'Ouarg situé tout à l'aval de la zone. Pour l'entretien des séguias principales, chaque agriculteur est responsable du nettoyage de la portion de séguia qui longe sa parcelle. La longueur de cette portion de séguia est égale à la longueur de la parcelle.

Pour assurer les opérations d'entretiens, les responsables de la gestion se base sur la caisse locale détenue par l'aiguadier chargé du contrôle et du respect du tour d'eau. Cette caisse est alimentée par les cotisations volontaires et surtout par les amendes que l'aiguadier collecte. A propos des amendes, les principales infractions soumises à des amendes sont indiquées dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Infractions et amendes dans la zone de M'Semrir

Infractions	Amendes
Bloquer l'acheminement de l'eau	50 DH
Refus d'entretien de la séguia	50 DH + Rémunération de la personne qui s'en charge ou procès
Non-respect du tour d'eau	50 DH

2. Zone d'Almou

2.1. Le tour d'eau

Le mode de gestion de l'eau d'irrigation dans la zone d'Almou est un mode ancestral qui existe depuis des temps immémoriaux et qui est appliqué pendant toute l'année. Il est basé sur la répartition de la ressource entre les ayant-droits de la khattara. Il y a sept tribus d'ayant-droits dans la zone d'Almou et la répartition est une répartition basée sur le temps. La répartition se fait à deux niveaux.

La première répartition se fait entre les sept tribus d'ayant-droits (cf. Figure 21). Cette répartition fut établie il y a très longtemps en fonction de la contribution de chaque tribu au creusement de la khattara. Le droit d'eau de chaque tribu est un droit inaliénable selon les dires des ayant-droits. Le temps alloué à chaque tribu est de 48 heures pour toutes les tribus sauf pour une d'elles qui disposent de 24 heures. La durée du cycle est de 13 jours entre les ayant-

droits mais sa durée totale est de 14 jours car il y a un jour prévu pour l'irrigation des parcelles de la mosquée.

La deuxième répartition se fait au sein des tribus même. Cette répartition est basée sur le système de Tanast. C'est un système très répandu dans la province de Tinghir. Le Tanast (voir Photo 19) est un bol percé en son fond qui, placé dans une bassine d'eau, se remplit progressivement jusqu'à ce qu'il coule au fond de la bassine. C'est une sorte de clepsydre ou horloge à eau qui permet de mesurer un temps. Le temps de remplissage du Tanast à Almou est de 6 minutes. Ce temps qui correspond à une part d'eau est la durée d'irrigation. Le Tanast est donc non seulement un moyen de mesure et de répartition de l'eau mais également un moyen de contrôle du respect des droits d'eau. Chaque bénéficiaire au sein de la tribu dispose de 10 Tanasts pour l'irrigation de sa parcelle, ce qui équivaut à 1 heure d'irrigation. Le Tableau 14 montre la répartition de l'eau au sein de chaque tribu suivant le système Tanast.



Photo 19 : Tanast dans un seau d'eau

(Source : internet)

Tableau 14 : Organisation du tour d'eau à Almou

Tribu	Durée totale (h)	Nombre total de Tanassin	Nombre de Tanassin par bénéficiaire	Nombre probable de bénéficiaires
Ait Taleb	24	240	10	24
AIT Kassi	48	480	10	48
Ait Boudaoud	48	480	10	48
Ait Bouknifen	48	480	10	48
Ait Barhim	48	480	10	48
Irjdalen	48	480	10	48
Ait Issa ou Brahim	48	480	10	48

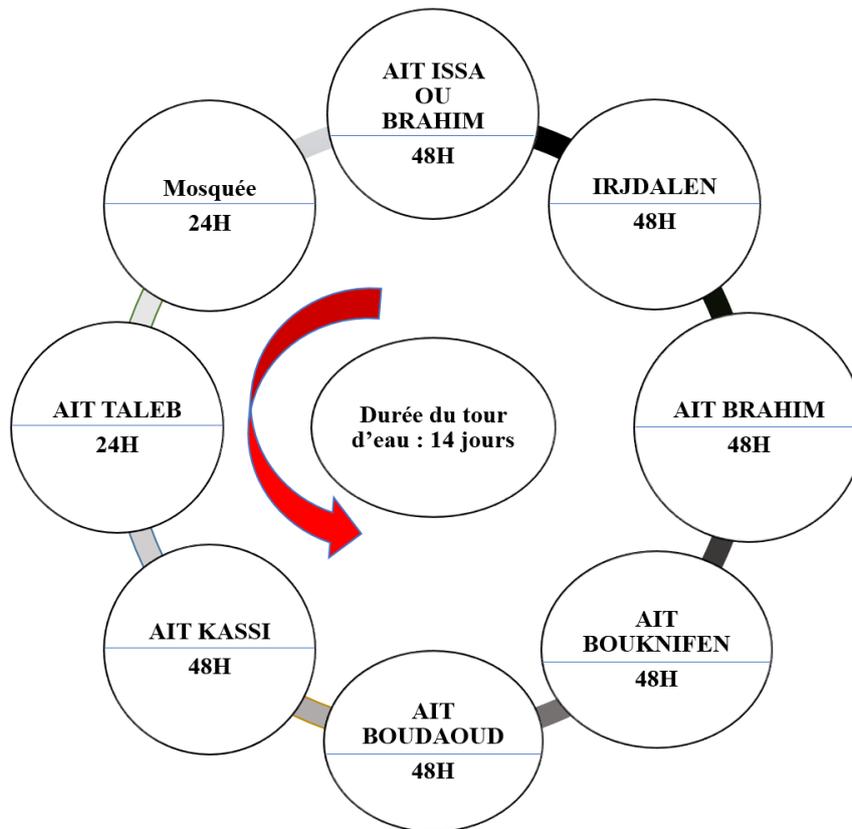


Figure 21 : Tour d'eau à Almou

2.2. Les modalités de gestion de l'eau

Pour les questions de contrôle et de supervision du tour d'eau, chacune des tribus ayant-droits élit un responsable qui s'assure dans un premier temps que le tour d'eau de sa tribu soit respecté par les autres tribus. Le même responsable s'assure également du respect du tour d'eau au sein de la tribu. En cas d'infractions, il récupère les amendes qui alimentent une caisse de la tribu. Cette caisse permet de couvrir les opérations d'entretien.

En ce qui concerne les opérations d'entretien dans la zone d'Almou, elles sont effectuées régulièrement. Lorsqu'une opération d'entretien est décidée par l'assemblée des responsables de chaque tribu, chacune de ces tribus envoie des gens pour participer à l'entretien des khattaras. Plus la tribu consomme de l'eau plus elle contribue aux opérations d'entretien.

Pour la répartition de l'eau au sein des tribus, le cycle est organisé de sorte à ce qu'il y ait une alternance entre irrigation de jour et irrigation de nuit. Cela veut dire que si un agriculteur irrigue la journée lors du tour d'eau actuel, il irriguera la nuit au prochain tour d'eau et ainsi de suite.

Dans la zone d'Almou, l'eau est mariée à la terre. Une personne qui achète une parcelle, l'achète en même temps avec la part d'eau destinée à l'irrigation de celle-ci.



Photo 20 : Entretien de la première khattara à Almou

3. Zone d'Oussikis

3.1. Le tour d'eau

Le début du tour d'eau à Oussikis est déterminé en fonction de la disponibilité de la ressource. En effet, le Cheikh a indiqué qu'en été, seules 3 des 10 séguias principales de la zone sont utilisées et cela de manière séparée. Le tour d'eau commence au mois de février s'il n'y a pas assez d'eau dans l'oued sinon il commence au mois de mars-avril. Il s'étend jusqu'au mois de novembre ou décembre. Le tour d'eau se fait de l'amont vers l'aval.

La durée du tour d'eau est tout au plus de 4 jours par fraction soit une durée maximale de 16 jours au total. Chaque fraction rassemble plusieurs tribus. La superficie irriguée par fraction est plus ou moins équivalente sauf pour la fraction de Bouknifen, située en aval de l'Oued Oussikis et qui a une superficie plus importante : elle a en effet besoin de deux tours de 4jrs pour satisfaire tous ses besoins. Contrairement à eux, il y'a des fractions en amont qui n'ont besoin que de 2 jours pendant le tour pour assurer l'irrigation de toute leur parcelle. Dans ce cas, ils sont obligés de laisser passer l'excès d'eau pour la fraction suivante selon le tour établi.

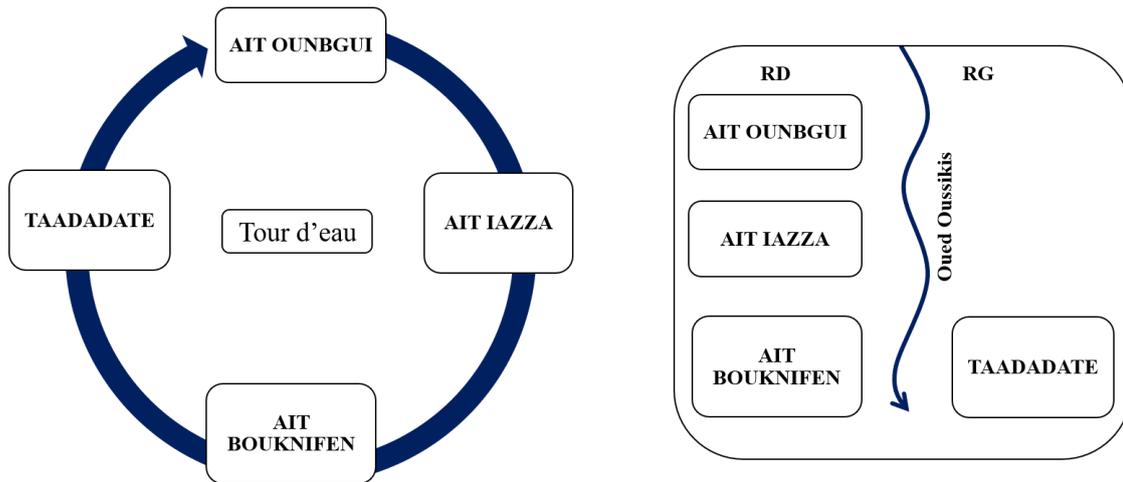


Figure 22 : Tour d'eau à Oussikis

3.2. Modalités de fonctionnement du tour d'eau

Le tour d'eau à Oussikis commence d'abord par une durée de 2 jours par fraction puis si cela ne suffit pas, il passe à 3 puis 4 jours. Le passage d'une durée à l'autre se fait suite à l'expression d'une demande d'augmentation d'un des douars à la fin du cycle en cours. L'irrigation au sein de chaque fraction se fait de l'amont vers l'aval. Si pendant le tour d'eau de 4 jours une fraction n'arrive pas à satisfaire tous les besoins des agriculteurs dans les temps, elle commencera le tour d'irrigation prochain à partir de la parcelle où l'irrigation s'est arrêtée.

Au début de chaque campagne agricole, les représentants des douars se réunissent pour procéder à un tirage au sort qui déterminera le premier à commencer le cycle du tour d'eau. Par la suite, le soin est laissé à chaque fraction de choisir son Nader pour la supervision du tour d'eau et la collecte des amendes. Les Naders sont élus pour une période de deux mois. A la fin de cette période, les responsables de chaque fraction élisent un autre représentant. Il est à noter que les Naders de chaque fraction doivent être validés par les responsables administratifs que sont les Cheikh et le Caïd. Pour l'aider dans sa tâche au sein de la fraction, le Nader choisit alors 2-4 personnes qui vont former avec lui le comité d'irrigation. A cet effet, une amende de 200 DH est imposée à toute personne choisie par le Nader et qui refuse d'intégrer le comité d'organisation. Pour la première irrigation qui va lancer le tour d'eau, le Nader de la fraction qui a été tirée au sort pour commencer doit choisir 10 personnes pour conduire l'eau vers la parcelle de celui avec qui ils vont commencer au sein de la fraction.

Comme à M'Semrir, les opérations d'entretien des séguias pendant le tour d'eau à Oussikis se font suivant le même principe. Chaque agriculteur est responsable d'entretenir la portion de séguia qui domine sa parcelle.

L'entretien de toutes les séguias se fait avant le début de la campagne agricole et du tour d'eau. Puisqu'il n'y a pas de Naders à ce moment, c'est la Jmaa qui décide du début de l'opération. Elle choisit donc un comité composé d'irrigants des différents douars pour contrôler et gérer l'opération pendant une durée de 15-20 jours. Pendant le tour d'eau, ce sont les Naders qui décident des opérations d'entretiens. Les frais d'entretiens sont réglés avec les amendes collectées et les cotisations individuelles si les amendes n'arrivent pas à couvrir tous les frais. Les différents types d'amendes à Oussikis sont consignées dans le Tableau 15

En ce qui concerne les modalités d'irrigation, si pendant le tour de sa fraction, un agriculteur n'a pas irrigué sa parcelle et que l'eau est toujours présente dans la séguia secondaire à laquelle il est rattaché, il a le droit d'irriguer après que toutes les parcelles adjacentes soient irriguées. Par contre, si la prise de la séguia secondaire est fermée mais qu'il y a de l'eau dans la séguia principale, cet agriculteur ne pourra irriguer que s'il obtient la permission d'irriguer du Nader.

Comme indiqué dans I.3. ci-dessus, les eaux d'irrigation d'Oussikis proviennent de l'oued et des puits collectifs. Cette situation implique donc une gestion particulière surtout en période de sécheresse. En effet, lorsque l'eau devient rare, les puits sont utilisés soit pour renforcer les débits des séguias pendant le tour d'eau, soit pour alimenter carrément les séguias quand l'eau de l'oued n'arrive plus à atteindre ces séguias. Dans le premier cas, les règles de gestion s'articulent autour du tour d'eau comme présentés dans 3.1 ci-dessus. Par contre dans le second cas, si une personne irrigue avec l'eau des puits collectifs, elle n'a plus le droit d'utiliser l'eau de l'oued.

Tableau 15 : Grille des amendes à Oussikis

Infractions	Amendes
A l'intérieur d'une fraction	
Gaspillage de l'eau (abus d'usage)	100 DH
Vol d'eau ou non-respect du tour d'eau	200 DH
Irrigation sans permission alors que le tour pour la parcelle est passée	200 DH ou convocation chez le Caïd en cas de refus de payer
Pas d'entretien de la portion de séguia qui longe la parcelle	200 DH
Entre les 4 fractions	
Vol d'eau	500 à 1 000 DH + poursuite judiciaire
Réorienter l'eau vers l'oued	2 000 DH
Pollution de l'eau des séguias	200 DH

L'amende concernant la pollution de l'eau des séguias n'est plus appliquée car considérer inefficace.

III. Pratiques d'irrigation

1. Techniques d'irrigation gravitaire

On rencontre fréquemment deux techniques d'irrigation gravitaire dans la zone d'étude. Il s'agit de la technique des planches ou calants et la technique des raies courtes (cf. deuxième et troisième points du paragraphe V du chapitre 1 de la revue bibliographique).

1.1. Irrigation à la raie courte

La technique des raies courtes est utilisée dans les champs de pomme de terre. Les mesures des caractéristiques géométriques ont permis d'obtenir le Tableau 16.

Tableau 16 : Caractéristiques géométriques des raies à M'Semrir

Longueur (m)	Largeur des sillons (cm)	Largeur du billon (cm)	Profondeur du sillon (cm)
15-25	44-65	40-50	10-25

Une raie moyenne dans la zone d'étude mesure 20 m de long, 45 cm de large pour le sillon et 19 cm pour la profondeur du sillon. Comme le montre la Photo 21, les graines sont semées en haut du billon. La Figure 23 présente le schéma global du réseau interne pour une parcelle équipée par des raies. On peut voir que les raies sont irriguées par bloc de trois par simple ouverture d'une brèche dans l'arroiseur en terre. Cela est mieux visible sur la Photo 21.

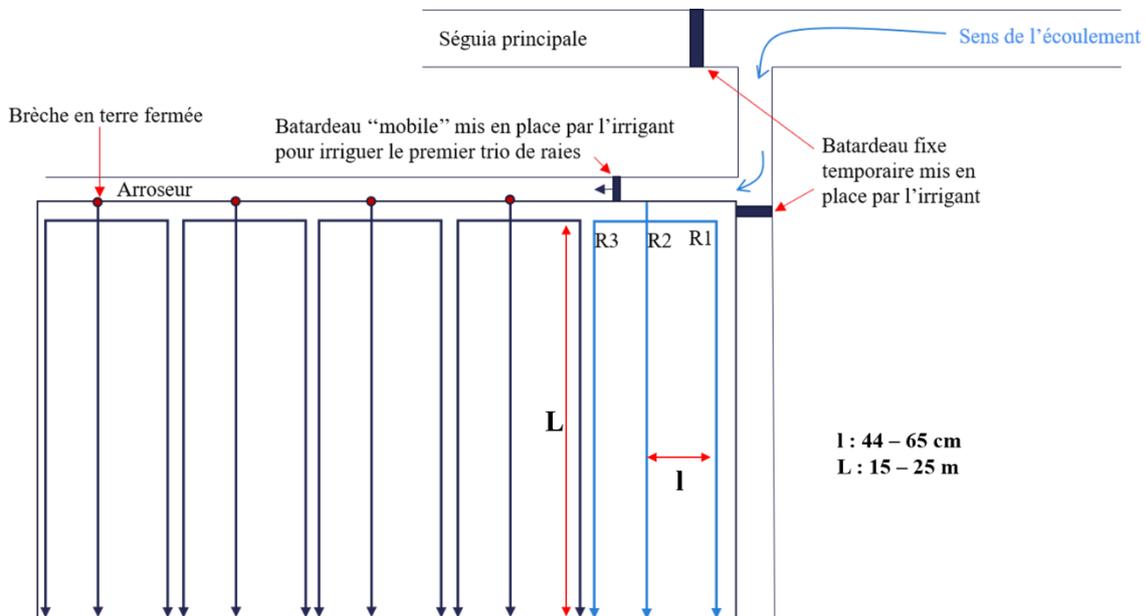


Figure 23 : Aménagement interne de type raie courte à M'Semrir

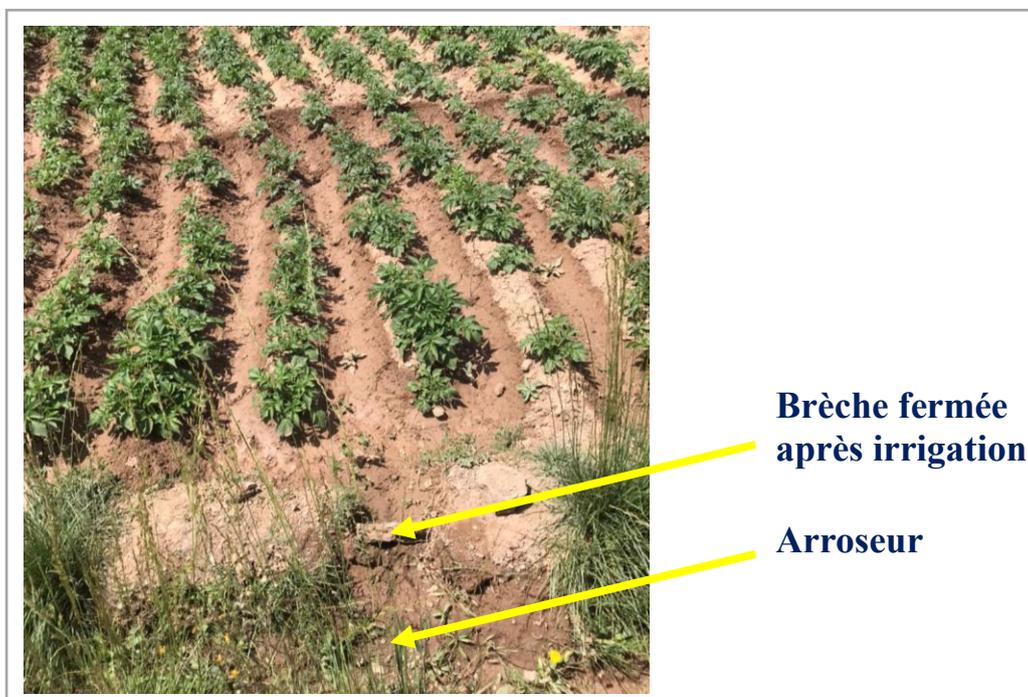


Photo 21 : Irrigation d'une parcelle aménagée en raies courtes à M'Semrir

1.2. Irrigation par planche ou calant

Les planches ou calants sont utilisés pour l'irrigation de toutes les autres cultures. Les mesures des caractéristiques géométriques ont permis d'obtenir le Tableau 17. En moyenne un calant a une longueur de 20 m pour une largeur de 2 m. On observe en moyenne 6 calants par parcelle aménagée. Chaque parcelle est irriguée via une simple brèche dans l'arroseur.

Tableau 17 : Caractéristiques géométriques des calants à M'Semrir

Longueur (m)	Largeur des du calant (m)	Diguettes de séparation (cm)	
		Largeur (cm)	Hauteur (cm)
15-20	1,5-3	40-50	10-20

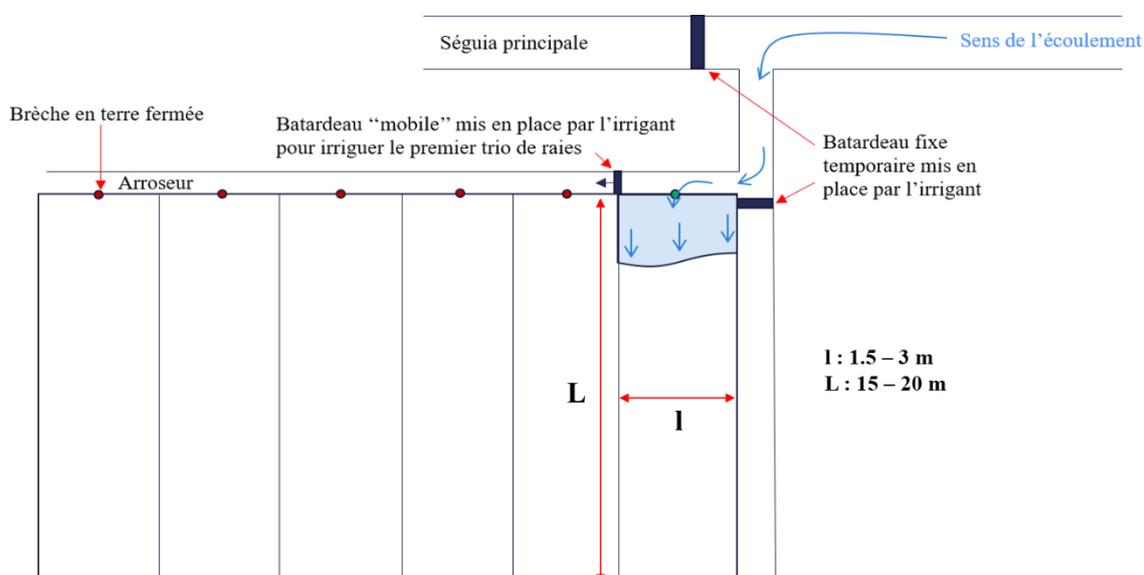


Figure 24 : Aménagement interne de type calant à M'Semrir



Photo 22 : Irrigation des calants d'une parcelle à M'Semrir

2. Pratiques d'irrigation et Facilité d'accès à l'eau

2.1. Pratiques d'irrigation

Les enquêtes réalisées auprès des différents agriculteurs ont permis de prendre connaissance des différentes pratiques et habitudes d'irrigation au niveau de la zone d'étude.

D'abord pour l'aménagement interne des parcelles avant la campagne agricole, les agriculteurs le font eux-mêmes ou alors paient d'autres personnes pour réaliser l'aménagement. Le paiement de ces personnes est de 50 DH par personne par journée de travail si l'agriculteur prend en charge la nourriture de ces derniers. S'il ne prend pas en charge la nourriture alors il paie 100 DH par personne par journée de travail. Le travail du champ dure en moyenne 3 jours avec 5 travailleurs. L'aménagement interne consiste au travail de la terre, à l'apport du fumier (appelé hamal par les locaux) et à la restauration des sillons et billons des raies ou encore à la restauration des calants. Pour les agriculteurs, la période avant le début de la campagne agricole est le moment propice pour apporter le fumier afin qu'il se mélange bien à la terre sinon avec l'irrigation il sera emporté.

En ce qui concerne les durées d'irrigation, les agriculteurs irriguent en moyenne pendant une heure. Le temps moyen d'irrigation d'une raie est de 2 minutes alors que pour un calant ce temps varie de 9 à 11 minutes. Pour l'irrigation, les agriculteurs la font généralement eux-mêmes ou engagent des jeunes qu'ils paient par journée selon le modèle indiqué dans le deuxième paragraphe. Le matériel d'irrigation est un matériel traditionnel et rudimentaire. Ce sont généralement de grandes houes que les agriculteurs utilisent pour ouvrir des brèches dans les arroseurs ou pour placer les batardeaux. A propos des batardeaux pour bloquer l'eau dans la séguia et l'orienter vers les parcelles, les agriculteurs utilisent de la terre, des sachets plastiques et des pierres pour les mettre en place. La journée d'irrigation commence généralement à "ANKAR N'TAFOUKT" (lever du soleil).

Pour le pilotage de l'irrigation, les agriculteurs se basent sur leur expérience. Par exemple, ils irriguent les parcelles de blé chaque 15 jours. Les parcelles de luzerne ou de pommier qui sont souvent en association sont irriguées chaque 10 jours. Les parcelles de pomme de terre, elles sont irriguées chaque 7 ou 10 jours selon la période de l'année.

2.2. Accès à la ressource

L'analyse des données issues de l'enquête menée (cf. annexe VI), a permis d'apprécier le niveau d'accès à la ressource dans la zone d'étude. Ces données ont également permis de juger dans une certaine mesure la répartition amont/aval de la ressource. Au total, 64 agriculteurs ont

été interrogés dans la zone d'étude : 44 dans la zone de M'Semrir alimentée par l'oued Dadès et 20 dans la zone d'Oussikis alimentée par l'Oued Oussikis.

Si on suit le cours du Dadès à partir du premier douar qui est le plus proche de la source de l'Oued Dadès (2 heures de marche en amont à partir de ce douar) vers Imi N'Ouarg tout en aval, on peut observer que l'accès à la ressource devient de plus en plus difficile (cf. Tableau 18). Mais de façon générale, l'accès à la ressource en eau est relativement facile tout le long de l'Oued Dadès.

Tableau 18 : Facilité d'accès à la ressource le long de l'Oued Dadès

Douar	Accès facile	Accès difficile
Ait Hadidou	100%	-
Ait Marghad	78%	22%
M'Semrir	76%	24%
Total	77%	23%

A Oussikis la situation est beaucoup plus dur qu'à M'Semrir. Certes l'accès à la ressource en eau reste relativement facile à hauteur de 60% (cf. Tableau 19), il reste néanmoins très faible par rapport au 77% de M'Semrir. Cela s'explique par le fait que l'Oued Oussikis est un affluent de l'Oued Dadès donc il tarit à certains endroits. C'est d'ailleurs ce qui a poussé les habitants à mettre en place les puits collectifs pour palier à cette rareté de l'eau.

Tableau 19 : : Facilité d'accès à la ressource le long de l'Oued Oussikis

Douar	Accès facile	Accès difficile
Amont Oussikis	63%	38%
Taadadate	58%	42%
Total	60%	40%

Tout bien considéré on obtient dans la zone d'étude, un taux d'accès facile à la ressource en eau de 72% et un taux d'accès difficile de 28%.

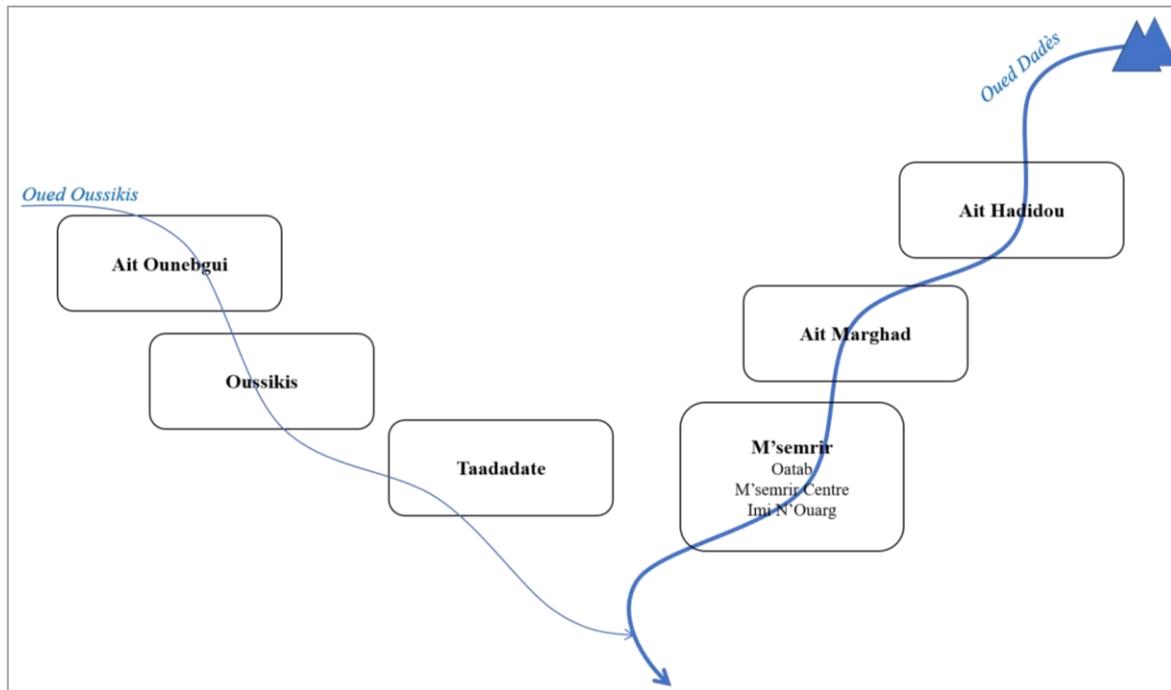


Figure 25 : Répartition amont-aval des douars

IV. Conclusion

A la fin de ce chapitre, on peut dire que les agriculteurs de la zone d'étude ont un rapport très fort avec la ressource en eau. C'est elle qui rythme leur mode de vie puisque les habitants ont trouvé des moyens pour utiliser la ressource en eau mais également des moyens pour s'adapter aux fluctuations saisonnières de cette même ressource.

Pour l'utilisation de la ressource on a pu voir qu'il y a tout un ensemble d'ouvrages de mobilisation, de transport et de contrôle qui ont été mis en place par les agriculteurs de M'Semrir. Les ouvrages de transport qui constituent la grande part de cet ensemble d'ouvrages, comprennent des séguias principales en béton et un réseau très dense de séguias secondaires et tertiaires en terre. La connexion entre les différentes séguias de ce réseau permet d'assurer un accès facile à la ressource dans toute la zone d'étude même si cet accès devient de plus en plus compliqué au fur et à mesure qu'on progresse vers l'aval. Cet accès relativement facile confirme le caractère de l'oasis de montagne de M'Semrir qui se distingue des autres types d'oasis marocaines où l'accès à la ressource est souvent très difficile. Cela permet également de comprendre pourquoi malgré son caractère isolé, M'Semrir est arrivé à perdurer dans le temps depuis longtemps.

Pour les méthodes d'adaptation aux fluctuations saisonnières de la ressource en eau, les agriculteurs ont mis en place un système de gestion de l'eau et du réseau d'irrigation qui varie

entre les différentes zones de périmètres irrigués. L'efficacité de ces systèmes de gestion dans ce contexte montre aussi pourquoi M'Semrir arrive à survivre dans ce milieu. Si l'on se réfère aux principes de bonne gestion de l'eau (cf. deuxième et troisième points du paragraphe 2. du chapitre 2 de la revue bibliographique), on peut voir que d'un point de vue général, les agriculteurs de M'Semrir gèrent bien leur ressource en eau même s'il demeure imparfait. En effet, le système de gestion qui est basé sur le tour d'eau dans la zone est un système de gestion intégré mis en place par les agriculteurs pour les agriculteurs, soucieux et conscients de la place cruciale qu'occupe la ressource dans leur survie à M'Semrir. La seule embuche qui entache cette gestion, est l'absence de documents écrits ou de décrets qui consacrent officiellement et sacralisent les droits d'eau dans cette zone. Cette absence de documents rend difficile la gestion des conflits par les autorités locales et même par les autorités administratives de la zone.

Somme toute, on peut donc dire que l'accès à la ressource n'est pas véritablement un problème pour le développement de M'Semrir même s'il est vrai que des solutions peuvent être proposées pour améliorer l'accès à la ressource et parfaire le système de gestion en place. Mais l'agriculture ne suffisant pas à combler tous les besoins financiers des agriculteurs, il faut chercher la source du problème ailleurs. On verra donc dans le chapitre 2 d'autres raisons qui pourraient expliquer cet état de fait.

CHAPITRE 2 : PERFORMANCES TECHNIQUES DU RESEAU D'IRRIGATION GRAVITAIRE

Le but de ce chapitre est d'évaluer les performances techniques du réseau d'irrigation dans la zone d'étude en vue de déceler des raisons qui pourraient expliquer pourquoi l'agriculture à M'Semrir est une agriculture de subsistance malgré l'introduction du pommier sensé apporté une plus grande valeur ajoutée aux populations locales. Pour ce faire, on va se concentrer sur la zone dominée par l'Oued Dadès c'est-à-dire la zone de M'Semrir. On a d'abord évalué les performances hydrauliques du réseau d'irrigation à travers le calcul des efficacités d'application de l'eau et l'estimation des pertes par infiltration. Ensuite on s'est attardé sur le taux de satisfaction des besoins en eau des cultures par une comparaison entre les besoins en eau des cultures et les volumes d'eau apportés par l'irrigation. Enfin un regard sera porté sur les performances agronomiques en étudiant la variation des rendements et la valorisation de l'eau d'irrigation.

I. Performances hydrauliques du réseau d'irrigation

1. Efficacité d'application d'eau d'irrigation

1.1. Mesures des débits

La Figure 26 montre la localisation des différents points où des mesures de débits ont été réalisées dans la zone dominée par l'Oued Dadès. Les mesures ont été effectuées de l'amont vers l'aval en s'assurant de mesurer les débits au début et à la fin de chacune des séguias principales. Les coefficients de variation de chacune des mesures effectuées sont repris dans le deuxième point de l'annexe II. Le coefficient de variation moyen est de 4% et d'un point de vue statistique, les mesures réalisées ne sont donc pas dispersées. En ce qui concerne, la vérification des calculs de débit, le calcul du coefficient de rugosité par la formule de Manning-Strickler (cf. paragraphe 3 de l'annexe II) a donné une valeur moyenne de 0.11 qui a permis d'aboutir à l'identification du béton comme matériau des séguias ; ce qui est vérifié sur le terrain.

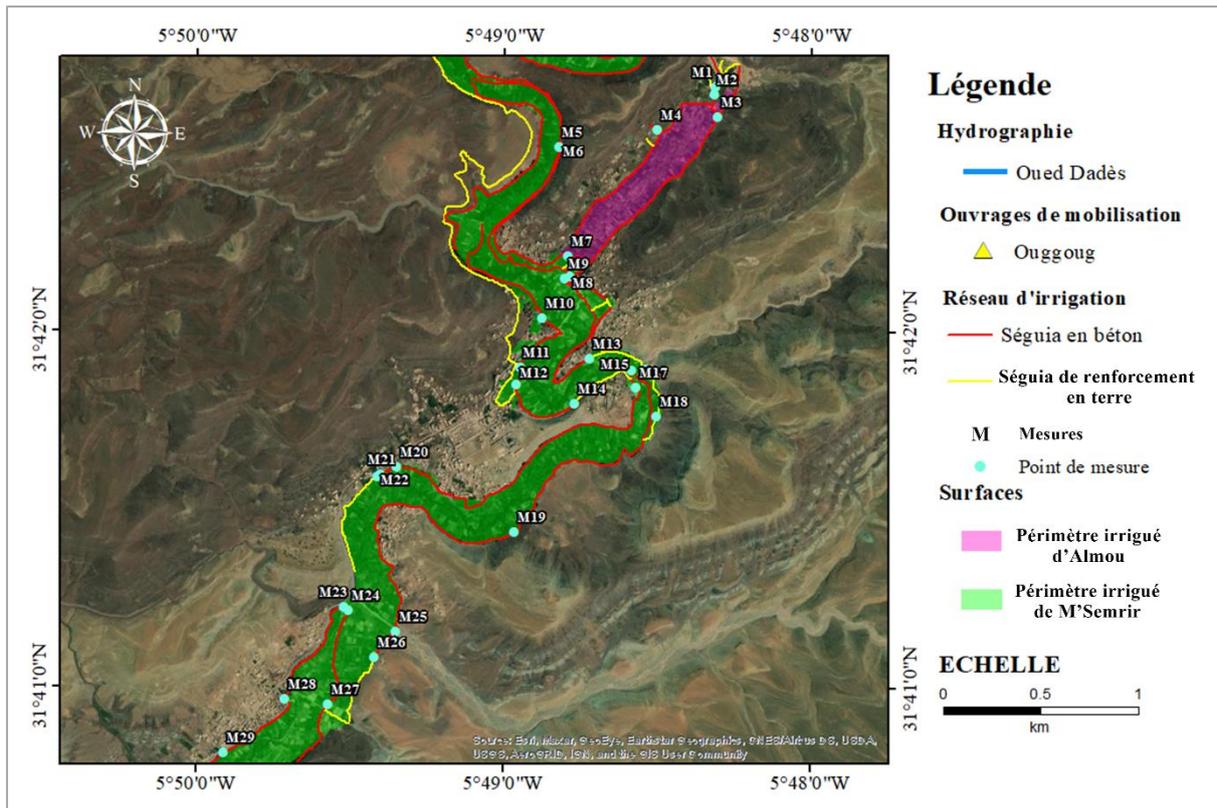


Figure 26 : Localisation des points de mesure dans la zone de M'Semrir

1.1.1. Zone d'Almou

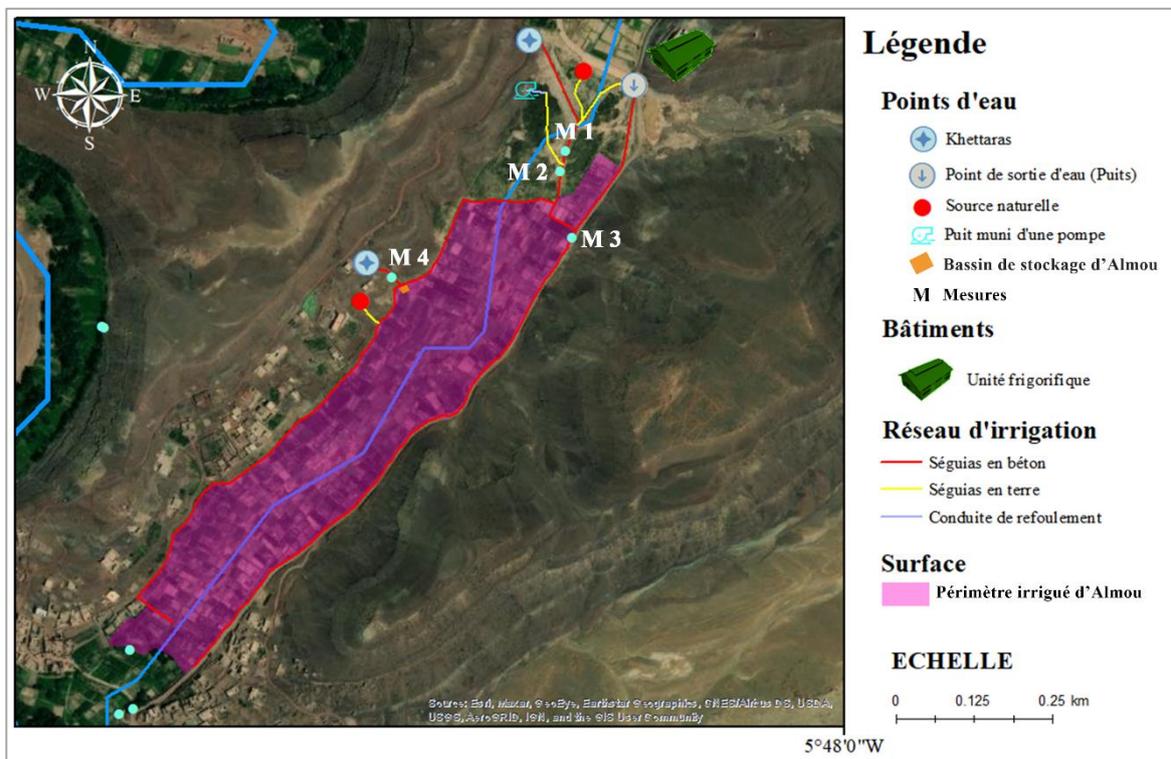


Figure 27 : Mesures à Almou

Les résultats de mesures obtenues à Almou sont repris dans le Tableau 20.

Tableau 20 : Résultats du calcul des débits à Almou

Numéro	Longueur (m)	Temps moyen (s)	Vitesse (m/s)	largeur séguia (m)	Y eau (m)	S mouillée (m ²)	Débit (m ³ /s)	Débit (l/s)
M1	12.30	76	0.14	0.4	0.08	0.032	0.004	4.4
M2	12.02	46	0.22	0.4	0.15	0.060	0.013	13
M3	10.25	21	0.42	0.3	0.08	0.02	0.010	10
M4	17.15	35	0.42	0.3	0.03	0.01	0.004	3.8

L'analyse de ces résultats à l'aide de la Figure 27, a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Le débit de la première khattara donné par la mesure M1 est de 4,4 l/s ;
- Le débit donné par le puits destiné à l'irrigation et qui est équipé d'une pompe solaire est donné par la différence entre les mesures M2 et M1. Ce débit est de 9 l/s.
- Le débit de la deuxième khattara donné par la mesure M4 est de 3,8 l/s.

1.1.2. Zone de M'Semrir

Sur la base de la Figure 26, on a établi le Tableau 21 qui présente la répartition des mesures réalisées en fonction des ouvrages de mobilisation et des différentes séguias. Ce tableau a alors servi à placer les débits pour une analyse plus facile (cf. Tableau 22).

Tableau 21 : Identification des points de mesure en fonction des composantes du réseau

Ouggoug	Séguias	Béton			Terre	
		Amont	Milieu	Aval	Amont	Aval
Avant Ouggoug 1	RD	-	-	-		
	RG	M6	M7	M8		
Ouggoug 2	RD	-	-	-		
	RG	M5	M9	M13	M16	M18
Ouggoug 3	RD	M10	M11-M12	M14		
Ouggoug 4	RD	M17	M20	M21-M22		
	RG	M15	M19	M25-M26		
Ouggoug 5	RD	M23	M28	M29		
	RG	M24	M27	-		

Tableau 22 : Débits mesurés en l/s par composantes du réseau

Ouggoug	Séguias	Béton				Terre		
		Amont	Milieu	Aval		Amont	Milieu	Aval
Avant Ouggoug 1	RD	-	-	-				
	RG	21	47	39				
Ouggoug 2	RD	-	-	-				
	RG	42	35	17		21	51	29
Ouggoug 3	RD	43	32-41	18				
Ouggoug 4	RD	33	29	19	8			
	RG	18	47	6	8			
Ouggoug 5	RD	35	16	17				
	RG	25	17	-				

L'analyse de ces résultats a permis d'aboutir aux conclusions suivantes.

Tout d'abord, il y a une baisse considérable du débit entre l'amont et l'aval. Sur la rive gauche on remarque qu'en amont avant le Ouggoug 1, le débit est de 51 l/s en tête de la séguia alors qu'en aval, ce débit n'est que 30 l/s en tête de la séguia qui s'y trouve. Ce qui équivaut à une baisse de débit de 42%. Sur la rive droite on peut faire le même constat avec une baisse de débit de 18% rien qu'entre les têtes de séguias des Ouggougs 3 et 5. Ces baisses de débit dans les zones aval s'expliquent surtout par les prélèvements continus de l'eau d'irrigation par les agriculteurs de l'amont.

Ensuite, le système d'interconnexion entre les séguias principales permet d'augmenter un tant soit peu les débits des séguias de l'aval et d'atténuer ainsi l'inégale répartition des débits entre l'amont et l'aval. Les taux de rehaussement des débits sont les suivants :

- Entre M5 et M9 sur la rive gauche au niveau de la séguia avant le Ouggoug 1, on a une augmentation du débit de 5 l/s équivalant à une hausse du débit de 9%. Ces eaux proviennent de la zone d'Almou où se trouvent les khattaras et le puits ;
- Entre M15 et M19 sur la rive gauche au niveau de la séguia du Ouggoug 4, on a une augmentation du débit de 34 l/s équivalant à une hausse du débit de 157%. Ces eaux proviennent de la séguia en terre de renforcement qui termine la séguia en béton issue du Ouggoug 2. A propos de cette séguia en terre on note une augmentation considérable du débit entre M16 et M18 sans qu'on observe de renforcement quelconque. La seule explication tangible qu'on peut avancer est que ce tronçon est

alimenté par les eaux issues de l'irrigation à partir de la séguia principale en béton sur la rive gauche du Ouggoug 4. On n'a trouvé cette explication qu'après l'observation du profil en travers sur Google Earth (cf. [Figure 28](#)) ;

- Entre M11 et M12 sur la rive droite au niveau de la séguia du Ouggoug 3, on a une augmentation du débit de 10 l/s équivalant à une hausse du débit de 27%.



Figure 28 : Profil en travers entre séguia principale et séguia en terre

1.2. Calculs des efficacités dans les séguias principales

1.2.1. Efficacités dans la zone d'Almou

Pour le calcul des efficacités dans les séguias principales de la zone d'Almou, on s'est basé sur les mesures M2 et M3 du [Tableau 20](#). Le calcul a donné une efficacité de transport de 76%, soit un taux de pertes de 24%. Ce faible taux de pertes s'explique par le bon état des séguias principales qui transportent l'eau dans la zone d'Almou. A cela pourrait s'ajouter les caractéristiques géométriques des séguias (cf. [Tableau 10](#)) qui empêchent les agriculteurs de trouver le corps des séguias pour mettre des prises, sans détériorer carrément la séguia.

1.2.2. Efficacités dans la zone de M'Semrir

Les résultats du calcul des efficacités à partir du [Tableau 22](#) sont repris dans le [Tableau 23](#). Lorsque les efficacités sont inférieures à 50% dans les séguias en béton, cela veut dire qu'il y a une dérivation importante de l'eau de la séguia généralement pour l'irrigation. On a choisi 50% comme point de référence parce que l'efficacité moyenne des séguias en béton est supérieure à cette valeur et aussi parce que les observations sur le terrain ont permis de voir que les séguias en béton sont relativement en bon état. En plus de cela, c'est le calcul d'efficacité entre M21 et M22 qui a permis d'aboutir à cette conclusion puisqu'on a

délibérément mesuré M21 avant une dérivation de l'eau vers l'Oued et M22 après cette même dérivation. Mis à part cela toutes les autres valeurs représentent les efficacités normales.

Tableau 23 : Calcul des efficacités dans les séguías principales

Ouggoug	Séguías	Efficacités		
		Amont/Milieu	Milieu/Aval	Amont/Aval
Avant Ouggoug 1	RD	-	-	-
	RG	-	84%	84%
Ouggoug 2	RD	-	-	-
	RG	84%	48%	
Ouggoug 3	RD	75%	43%	
Ouggoug 4	RD	89%	65%	42%
	RG	-	-	-
Ouggoug 5	RD	44%	-	48%
	RG	68%		

L'efficacité moyenne de transport d'une séguía principale en béton est de 77% dans la zone de M'Semrir. On en déduit alors que les pertes moyennes dans le réseau de distribution sont de l'ordre de 23%. Ces pertes sont essentiellement dues à des fuites dans les séguías. Ces fuites peuvent être dues à des fissures, des cassures mais la principale source des fuites est engrangée au niveau des prises d'eau qui malgré qu'elles soient fermées ne sont pas étanches. Les agriculteurs les ferment avec tous les moyens dont ils disposent (pierre, plastiques, terre, etc.).

L'analyse du Tableau 23 montre que les séguías RD du Ouggoug 4 et RG du Ouggoug 5 ont des efficacités en dessous de la moyenne. Pour la séguía sur la RD du Ouggoug 4, on remarque une fuite massive d'eau à travers une fissure dans la partie aval de la séguía (cf. Photo 23). Pour la séguía sur la RG du Ouggoug 5, c'est surtout des pertes à travers les prises et l'état de détérioration avancée de la séguía qui est très ancienne (cf. Photo 24).



Photo 23 : Fuite d'eau due à une fissure dans le corps de la séguia



Photo 24 : Fuite d'eau dans une prise fermée

Le calcul de l'efficacité de transport dans la séguia en terre donne une efficacité de 57% soit alors un taux de pertes de 43%. En la multipliant par l'efficacité moyenne dans les séguias principales en béton, on obtient une efficacité globale du réseau d'irrigation de 44%.

1.2.3. Pertes d'eau par infiltration dans les séguias en terre

Pour le calcul des pertes d'eau par infiltration dans les séguias en terre, il fallait déterminer d'abord les paramètres empiriques en fonction de la texture des sols. La texture des sols à M'Semrir est de type limon-argileux fin ou limono-sableux (cf. paragraphe Relief, Pédologie et occupation des sols du chapitre 2 des matériels et méthodes). Les résultats obtenus sont indiqués dans le (Tableau 24).

Tableau 24 : Calculs des pertes par infiltration dans les séguias en terre

Formule de Moritz	Type de sol	C	Q (m³/s)	V (m/s)		S (m³/s/m)
	limon argileux	0.41	0.06	0.50		0.028
	limon sableux	0.66	0.06	0.50		0.046
				S moyenne		0.037
Formule indienne		C	A (m²)	D (m)		S (m³/s)
	argileux	1.1	0.12	0.2		0.026
	sableux	1.8	0.12	0.2		0.043
				S moyenne		0.035
Formule égyptienne de Molesworth et Yennidumia		C	L (m)	P (m)	Rh (m)	S (m³/s)
	argileux	0.00211	11.24	1	0.12	0.008
	sableux	0.00542	11.24	1	0.12	0.021
				S moyenne		0.015
S moyenne (m³/s/m)						0.03

L'analyse de ce Tableau 24 montre que les formules de Moritz et indienne donnent des pertes par infiltration proches contrairement à la formule égyptienne qui donnent la moitié des deux premières infiltrations. Cela s'explique par le fait que les infiltrations données par les deux premières formules ne se basent que sur le type de sol alors que la dernière elle se base sur le type de sol et la température du sol. La température relativement élevée du sol en été pourrait donc expliquer cette différence (évaporation > infiltration).

Mais de façon générale, les pertes par infiltration dans les séguias en terre sont en moyenne de 0.03 m³/s/m dans la zone d'étude.

2. Essais à la parcelle

Pour les essais à la parcelle, on a travaillé sur une parcelle dont l'aménagement interne est fait de calants. Les coordonnées de la parcelle sont : 31°42'42.40"N et 5°49'3.75"W. La parcelle est équipée de 6 calants irrigués l'un après l'autre. Les données du suivi de l'irrigation de cette parcelle sont reprises dans le Tableau 25.

Tableau 25 : Suivi de l'irrigation des calants d'une parcelle

	Calant N°1	Calant N°2	Calant N°3	Calant N°4	Calant N°5	Calant N°6
Longueur (m)	18.23	19.15	19.37	19.71	19.73	19.49
Largeur (m)	2.19	2.1	2.22	2.32	2.34	2.46
Temps d'irrigation (min)	8.4	9	9.2	9.6	9.8	10.2

Les caractéristiques moyennes du calant de la parcelle sont les suivantes :

Tableau 26 : Caractéristiques moyennes du calant sur la parcelle étudiée

Longueur moyenne (m)	Largeur moyenne (m)	Temps moyen d'irrigation (min)	Temps moyen au milieu du calant (min)
19.3	2.3	9.4	4

Le Tableau 26 a ainsi permis de réaliser la courbe d'avancement moyenne du front d'irrigation dans le calant (cf. Figure 29). Comme on peut le voir c'est la courbe de tendance de type puissance qui explique mieux l'évolution du front d'eau dans le calant avec un coefficient de corrélation de 99% même si c'est la courbe de type logarithme qui présente la forme type de la courbe d'avancement. Plus de mesures auraient aidé à faire un choix beaucoup plus tranchant.

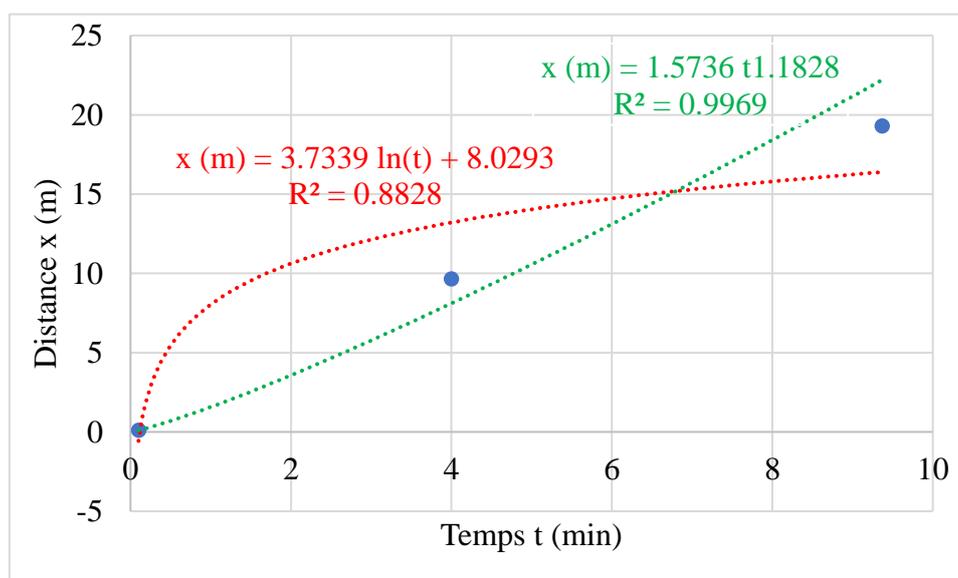


Figure 29 : Courbe d'avancement dans un calant de type moyen de la parcelle

Pour le calcul du débit prélevé par l'agriculteur pour son irrigation on a réalisé des mesures sur la séguia principale qui longe sa parcelle avant son batardeau et après celui-ci. Les mesures

consignées dans le Tableau 27, ont ainsi permis d'évaluer le débit prélevé à environ 27 l/s. En négligeant les pertes et en divisant ce débit par la largeur moyenne du calant on obtient un débit unitaire d'environ 12 l/s/m de largeur. L'application de la formule de Manning-Strickler en supposant que l'écoulement dans le calant est uniforme a donné un tirant d'eau moyen de 2 cm au niveau du calant (cf. Tableau 28).

Equation de Manning-Strickler

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{i} \rightarrow y = \left(\frac{Q n}{\sqrt{i}} \right)^{3/5}$$

Avec :

- n est le coefficient de Rugosité dans le calant. D'après le cours d'irrigation gravitaire, ce coefficient est pris égal à 0.04 pour la première irrigation et pris égal à 0.02 pour les autres irrigations.
- A est la section mouillée du calant en m² ;
- R_h est le rayon hydraulique qui est égale à la section mouillée sur le périmètre mouillé en m ;
- i est la pente moyenne du calant, soit 2% comme valeur obtenue à partir de Google Earth au niveau de la parcelle étudiée.

Tableau 27 : Calcul du débit prélevé par l'agriculteur

	Longueur (m)	Temps moyen (s)	Vitesse (m/s)	largeur séguia (m)	Hauteur d'eau (m)	Section mouillée (m2)	Débit (m ³ /s)	Débit (l/s)
Avant	11.91	29.52	0.40	0.60	0.21	0.13	0.05	51
Après	11.91	29.52	0.40	0.6	0.1	0.06	0.02	24

Tableau 28 : Calcul du tirant d'eau dans le calant moyen de la parcelle lors de cette irrigation

Débit unitaire (l/s)	n (rugosité)	Pente moyenne	Tirant d'eau (m)
11.7	0.02	2%	0.02

II. Taux de satisfaction des besoins en eau des cultures

1. Calcul des besoins en eau des cultures

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, on a identifié en premier lieu les principales spéculations agricoles cultivées dans la zone d'étude. Il s'agit du pommier, de la pomme de terre, des céréales (blé, orge), de la luzerne et du maraîchage (tomate, oignon, navet, carotte, etc.). Le détail des calculs pour chaque spéculation est indiqué dans l'annexe VII. Ici ce sont les besoins en eau rapportés aux superficies agricoles, qui sont présentés. Il est important de signaler qu'en l'absence de données récentes, ce sont les superficies évaluées par l'ORMVAO pour la campagne agricole de 2014-2015 qui ont été utilisées pour le calcul des besoins en eau des cultures. Les résultats obtenus sont indiqués dans le Tableau 29.

Tableau 29 : Besoins bruts annuels par spéculations dans la commune de M'Semrir

Spéculations	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)		Surfaces (ha)	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	
	Ea = 70%	Ea = 44%		Ea = 70%	Ea = 44%
Pommier	7,120	11,328	390	4,787,808	7,616,967
Pomme de terre	2,419	3,848	150	625,543	995,183
Céréales (BT, BD, Orge)	1,006	1,600	160	277,517	441,379
Luzerne	9,192	14,624	55	871,655	1,386,759
Maraîchage	5,194	8,263	5	44,776	71,233
Total				6,607,300	10,511,521

La Figure 30 permet d'observer les besoins en eau dans la commune. On peut d'abord remarquer que la culture la plus consommatrice d'eau est la luzerne malgré qu'elle n'occupe que 55 ha de la SAU totale. Du côté opposé, les céréales qui, malgré qu'elles occupent une SAU importante de 160 ha, ont le plus faible besoin en eau d'irrigation. Cela s'explique par le fait que les précipitations relativement élevées, arrivent à satisfaire une grande partie des besoins en eau des céréales, ce qui justifie cette faible demande en eau d'irrigation des céréales (cf. Figure 34).

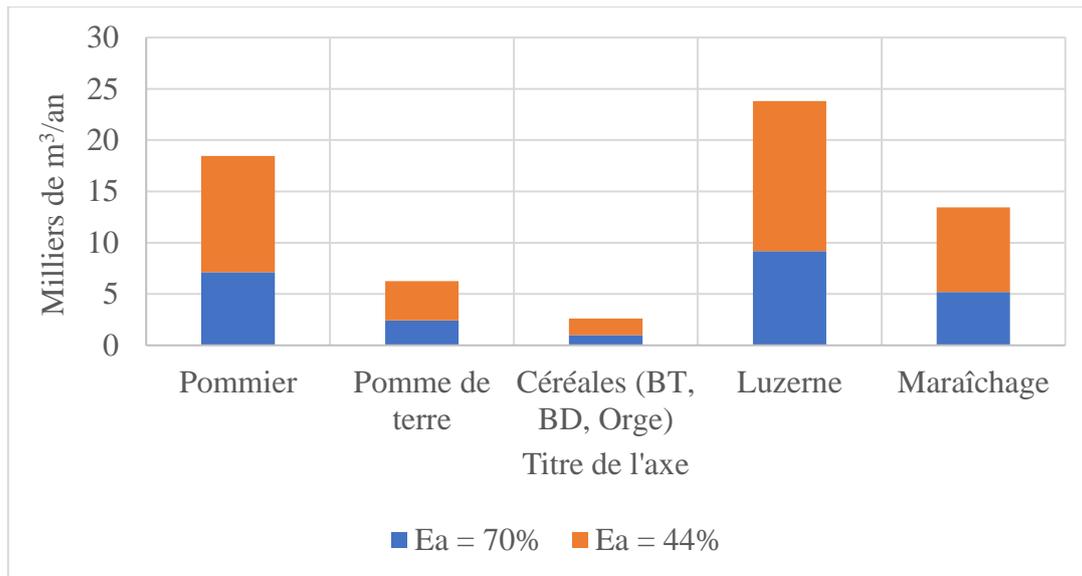


Figure 30 : Comparaisons des besoins bruts annuels par spéculations et par efficacités

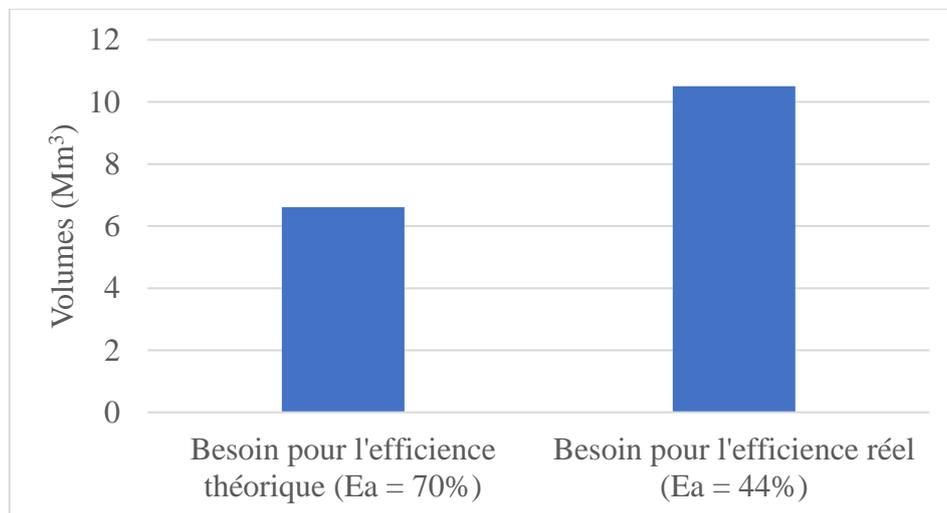


Figure 31 : Comparaisons entre besoins en eau totaux selon les efficacités

Le besoin en eau total pour la commune est évalué à 10.6 Mm^3 pour les besoins en eau théoriques (70%) et à 16.9 Mm^3 pour les besoins en eau réels (44% d'après nos calculs) soit un surplus de 6.3 Mm^3 occasionné par les pertes dans le réseau. Il faut donc penser à améliorer l'efficace du réseau pour réduire ces pertes et ainsi optimiser la consommation d'eau agricole.

Par contre dans l'un ou l'autre cas, le volume annuel de l'Oued Dadès qui est évalué à 120 Mm^3 (cf. paragraphe Eaux superficielles du chapitre 2 des matériels et méthodes dans la partie) est théoriquement suffisant pour satisfaire la totalité de ces besoins. Cependant, l'analyse de la Figure 31 sur les côtes de l'Oued Dadès (Données 2012-2022 de la station hydrologique de M'semrir) montre que l'Oued est sujet à de très fortes variations interannuelles, spécialement en été où les côtes sont très basses par rapport à la côte moyenne. Cette Figure 31 traduit ainsi

de faibles volumes qu'on n'a pas pu évaluer puisqu'on n'a pas obtenu une courbe de tarage mettant en relation les côtes de l'Oued avec les volumes disponibles. Contrairement au régime de l'Oued en été, les besoins en eau des cultures pratiquées dans la zone de M'semrir sont les plus élevés pendant cette période (cf. Figure 33), traduisant ainsi une inadéquation entre besoins en eau des cultures et disponibilité de l'eau. C'est d'ailleurs ce qui justifie le recours aux pompages pour l'irrigation.

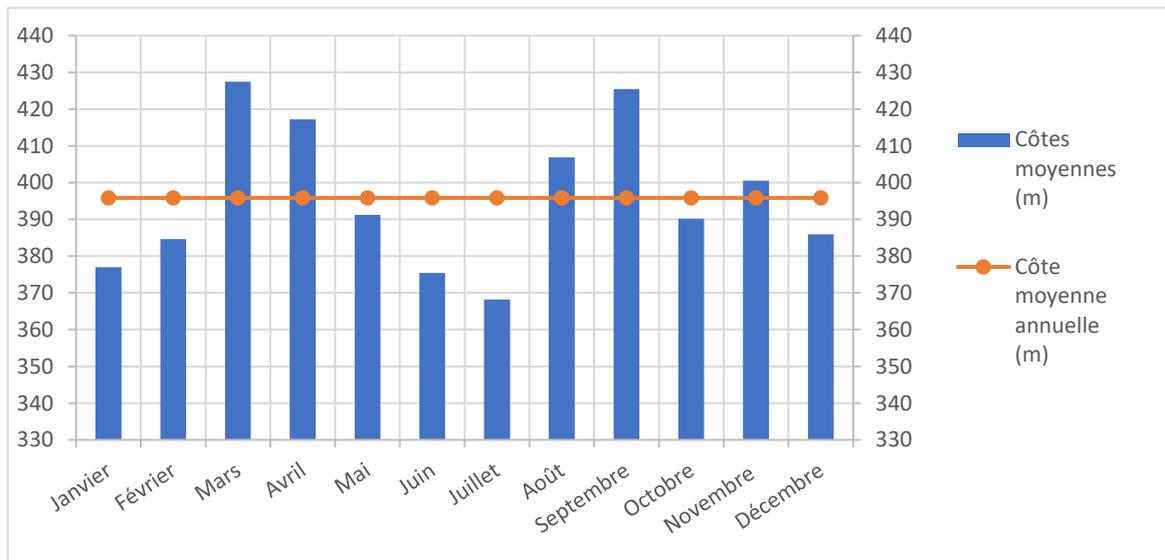


Figure 32 : Variation annuelle du niveau de l'Oued Dadès entre 2012 et 2022

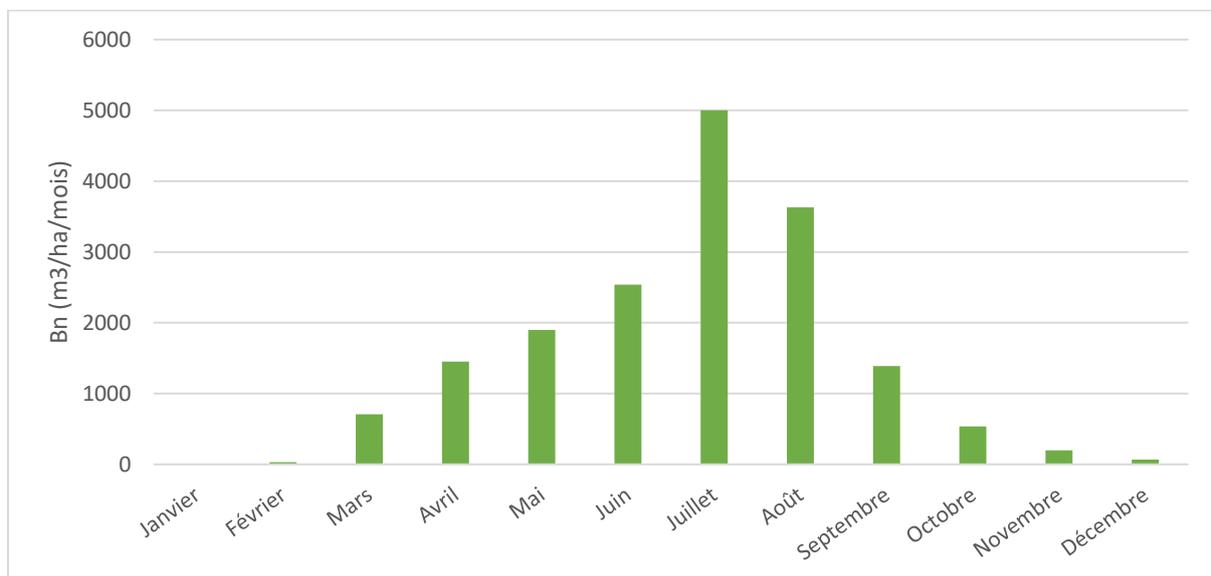


Figure 33 : Variation annuelle des besoins en eau des cultures

2. Calculs des volumes d'eau apportés

Pour le calcul des volumes d'eau apportés par les agriculteurs, on a recueilli des données sur les pratiques agricoles en matière d'irrigation gravitaire (cf. annexe VI). Il s'agit notamment

des durées et fréquences d'irrigation pour chaque culture. En effet, les enquêtes ont révélé que le temps d'irrigation moyen est de 1.3 heures par exploitation avec une fréquence variant entre 7 et 15 jours sur une durée de campagne agricole s'étendant sur 7 mois (Mars à fin Septembre/Début Octobre) comme le montre le Tableau 30. En ce qui concerne les prises d'eau des agriculteurs, l'ORMVAO a indiqué qu'elles sont normalement dimensionnées pour véhiculer des mains d'eau de l'ordre de 30 l/s. C'est sur cette base que les calculs de volumes d'eau apportés ont été effectués.

Tableau 30 : Volumes d'eau apportés selon les pratiques des agriculteurs de M'Semrir

Spéculations	Fréquence (j)	Nombre d'irrigations par mois	Durée (mois) de la campagne d'irrigation	Nombre d'irrigations par an	Temps moyen d'irrigation (h)	Main d'eau (l/s)	volume par irrigation (m ³)	Volume total apporté par an (m ³ /an)
Pommier	10	3	7	21	1.33	30	144	3,024
Pomme de terre	7-10	5	7	35	1.33	30	144	5,040
Céréales (BT, BD, Orge)	15	2	7	14	1.33	30	144	2,016
Luzerne	10	3	7	21	1.33	30	144	3,024
Maraîchage	7	5	7	35	1.33	30	144	5,040
Total par exploitation (0.58 ha)								18,144
Total pour la SAU de 760 ha								23,774,897

Le volume total apporté par les agriculteurs pour l'irrigation est d'environ 24 Mm³. On peut établir sur la base de ce Tableau 30 le tableau des dotations annuelles en eau des cultures (cf. Tableau 31).

Tableau 31: Dotation annuelle en eau de chaque culture de la zone d'étude

Spéculations	Volume total apporté par an (m ³ /an)	Superficie moyenne irriguée (ha)	Dotation annuelle (m ³ /ha/an)
Pommier	3,024	0.58	5214
Pomme de terre	5,040	0.58	8690
Céréales (BT, BD, Orge)	2,016	0.58	3476
Luzerne	3,024	0.58	5214
Maraîchage	5,040	0.58	8690

On remarque à partir de ce Tableau 31 que les cultures les plus irriguées dans la zone d'étude sont la pomme de terre et le maraîchage. Les céréales ont la plus faible dotation en eau d'irrigation dans la zone de M'Semrir. Cette dotation est également faible comparativement à

la dotation en eau pour les céréales dans d'autres périmètres. Cela s'explique par le fait que les agriculteurs de M'Semrir ont pour habitude de ne laisser que l'eau de la pluie irriguer les parcelles de céréales.

3. Comparaison entre besoins des cultures et volumes apportés

3.1. Comparaison entre besoin net et volumes apportés

3.1.1. Variation des besoins nets annuels par culture

La Figure 34 indique la variation des besoins nets par culture dans la zone de M'Semrir. On observe de façon générale que les besoins en eau sont les plus importants aux mois de juin, juillet et août alors que c'est pendant cette période que la pénurie d'eau se fait ressentir. En plus de cela on note que c'est la luzerne qui est la culture la plus exigeante en eau alors qu'elle n'est destinée qu'à l'alimentation du bétail.

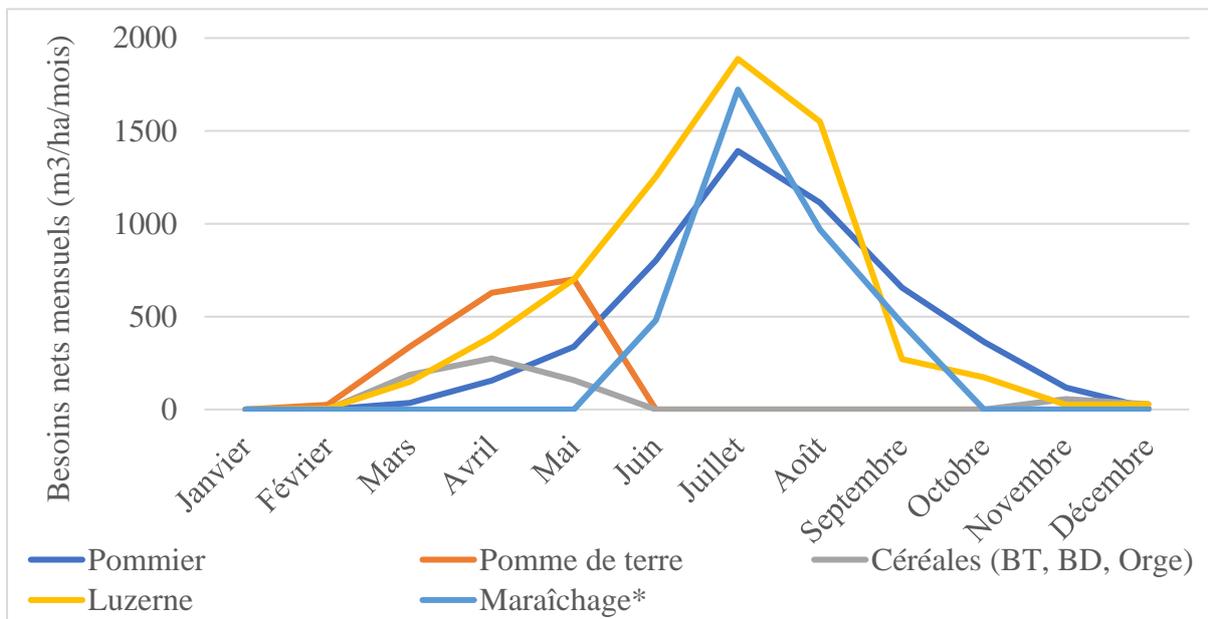


Figure 34 : Variation interannuelle des besoins nets par culture

3.1.2. Comparaison entre besoin net annuel et volume apporté

La Figure 35 ci-dessous permet de voir que les agriculteurs de M'Semrir pratiquent une sur-irrigation de leurs exploitations. Par rapport aux besoins nets, la quantité d'eau apportée par les agriculteurs sur la base de la main d'eau de 30 l/s est très supérieure à ces besoins nets. Le taux de satisfaction des besoins nets est de 514%, ce qui renvoie à une efficacité d'irrigation de 19%, très inférieure à l'efficacité théorique de 70% que l'on trouve dans la littérature.

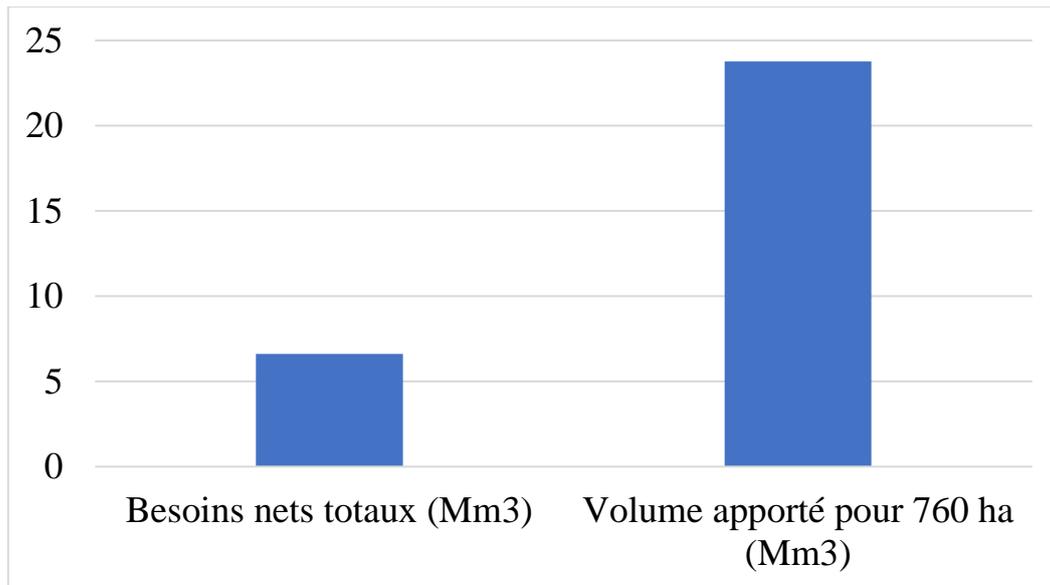


Figure 35 : Comparaison entre le besoin net total des cultures et les volumes apportés

3.2. Comparaison entre besoins bruts et volumes apportés

La Figure 36 ci-dessous permet d’apprécier l’irrigation dans la zone d’étude. On peut voir que les agriculteurs de M’Semrir pratiquent une sur-irrigation de leurs exploitations. En effet, si on compare les besoins annuels réels d’environ 11 Mm³ au volume de 24 Mm³ apportés, on observe un taux de satisfaction des besoins de 226% avec un excédent d’eau de 13 Mm³. Selon que l’échelle d’évaluation de cet excédent est à la parcelle ou au bassin versant, on pourrait considérer cet excédent comme une perte ou pas, dans la mesure où il contribue à réalimenter la nappe. En prenant l’inverse du taux de satisfaction on a obtenu une efficacité de l’irrigation de 70%.

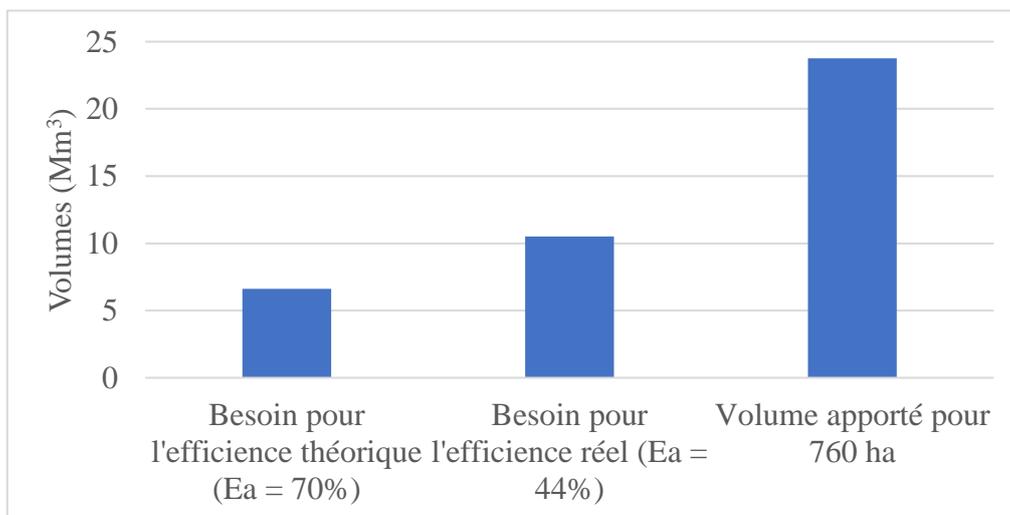


Figure 36 : Comparaison entre besoins et doses apportées par les agriculteurs à M’Semrir

III. Performances agronomiques

Le but de ce paragraphe est d'évaluer en quelque sorte les pratiques agricoles de la zone d'étude à travers les rendements obtenus par ces derniers. Pour ce faire on s'intéresse à la variation des rendements puis à la valorisation de l'eau agricole. On veut ainsi retracer à l'aide des données recueillies auprès de l'ORMVAO, l'évolution des rendements dans la zone d'étude en faisant un parallèle avec la ressource en eau disponible dans ce milieu oasien de montagne.

1. Variation des rendements et valorisation de l'eau à Oussikis avec la construction du barrage.

Tout d'abord dans la zone d'Oussikis, l'aménagement du barrage collinaire d'Akka N'Oussikis dont l'objectif était de favoriser l'extension de la superficie agricole et l'intensification de l'agriculture, a permis non seulement une extension de la superficie agricole disponible dans la zone mais aussi l'introduction de la culture du pommier dans la zone (cf. [Figure 37](#)). Avec cette augmentation de la superficie agricole, les rendements ont connu une augmentation fulgurante les années qui ont suivi. L'évolution de ces rendements et la valorisation de l'eau sont reprises dans le [Tableau 32](#). Ces calculs ont été réalisés sur la base des besoins en eau pour une efficacité théorique du réseau de 70% puisqu'on ne connaissait pas l'état du réseau à cette époque. L'analyse du [Tableau 32](#) montre qu'avec la construction du barrage c'était la luzerne qui permettait une meilleure valorisation de l'eau agricole même si toutes les autres spéculations ont vu aussi leur EUE augmenter. Par contre le problème de la luzerne reste son importante consommation en eau alors qu'elle n'est destinée qu'à l'alimentation du fourrage.

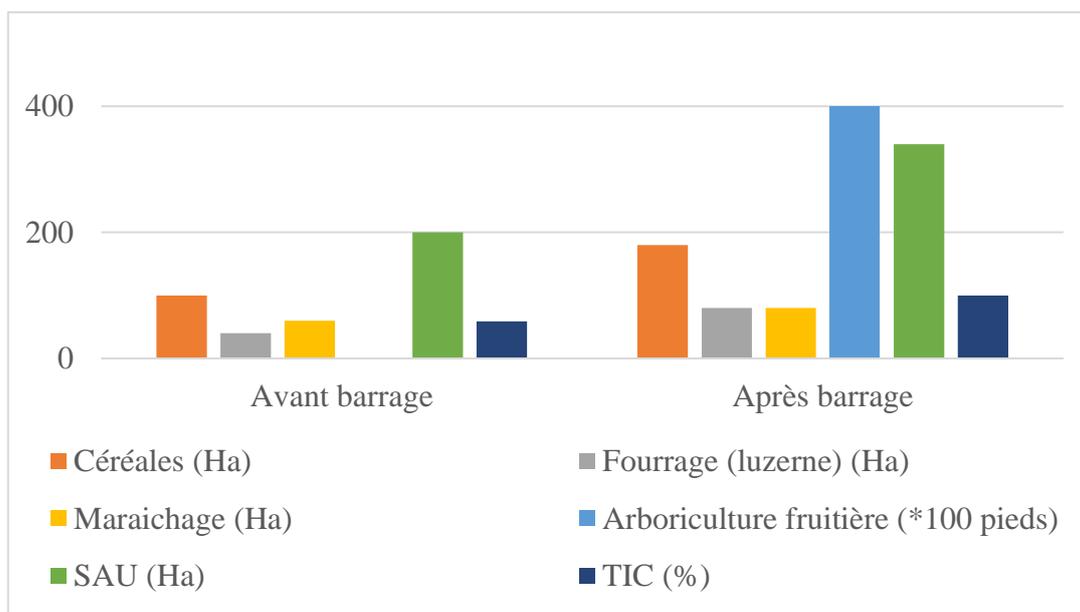


Figure 37 : Impact du barrage sur l'assolement d'Oussikis

Tableau 32 : Evolution des rendements et valorisation de l'eau agricole à Oussikis

(Données du Centre National de Documentation, 1986)

Cultures	Rendements (Qx/ha)		Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	EUE (kg/m ³ /an)	
	Avant barrage	Après barrage		Avant barrage	Après barrage
Céréales	16.0	26.1	1006	1.59	2.60
Fourrage (luzerne)	300.0	400.0	9192	3.26	4.35
Maraichage	16.0	20.0	5194	0.31	0.39
Arboriculture fruitière (*100 pieds)	-	-	-	-	-

D'après les enquêtes, les agriculteurs ont dû abandonner certaines de leurs parcelles avec l'envasement du barrage qui ne pouvait plus assurer son rôle, mais la mise en place des puits d'irrigation collectifs a atténué ce phénomène d'abandon des terres.

2. Variation des rendements et valorisation de l'eau à M'Semrir

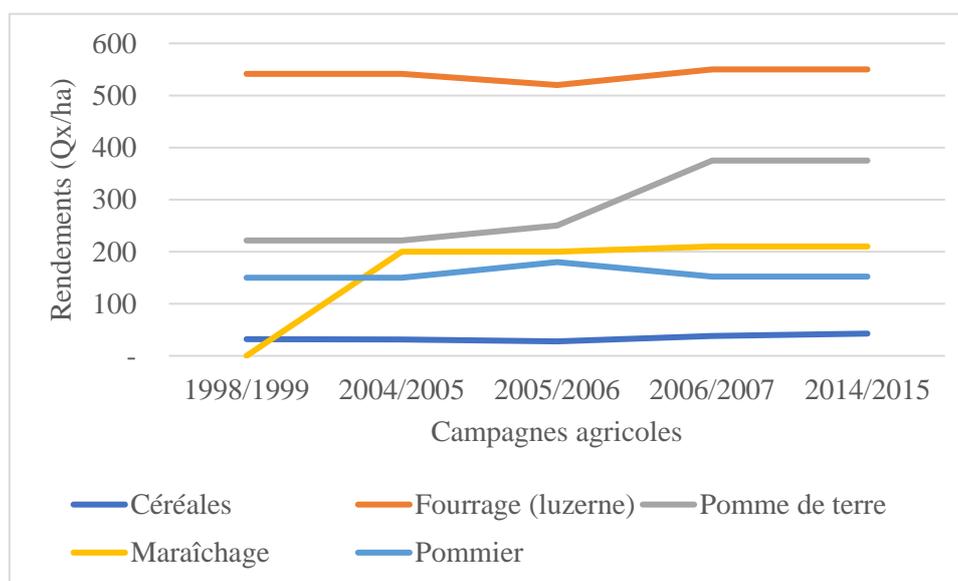


Figure 38 : Evolution des rendements des cultures à M'Semrir

(Source : ORMVAO)

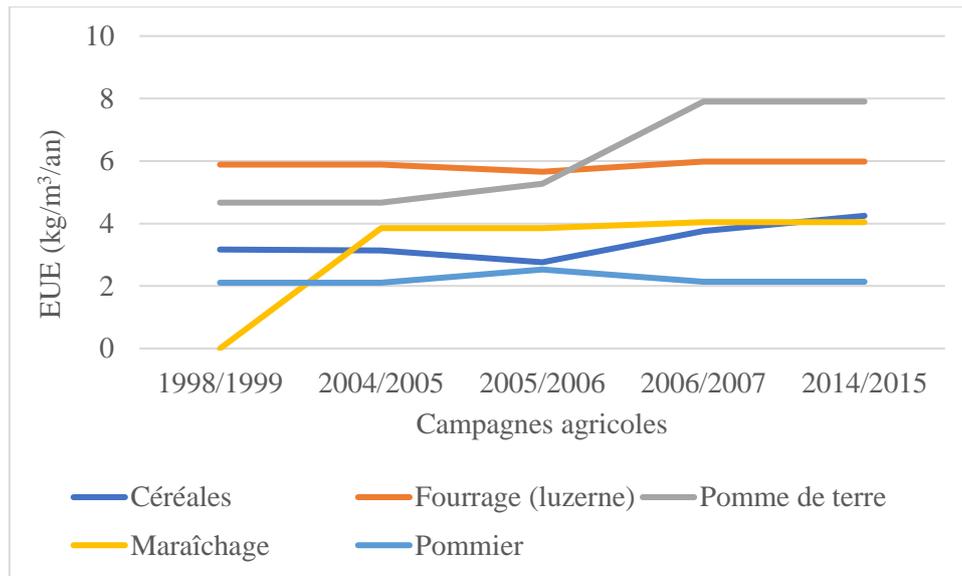


Figure 39 : Evolution de la valorisation de l'eau agricole à M'Semrir

(Source : ORMVAO)

L'analyse pluriannuelle comparée entre la [Figure 38](#) et la [Figure 39](#) montre qu'avec l'évolution des rendements, on observe une évolution parallèle des EUE. L'évolution des rendements agricoles pourraient s'expliquer par une amélioration dans les pratiques agricoles avec les projets de développement agricoles qu'a entrepris l'ORMVAO dans les années 2006. Ces projets de développement ont concerné d'une part la réhabilitation des séguias et de l'autre part l'augmentation de la valeur ajoutée agricole de la commune par l'introduction de semences améliorées.

Par contre, on note qu'en termes de valorisation de l'eau agricole, c'est la pomme de terre et la luzerne qui valorisent mieux la ressource. Le pommier qui était censé apporter une meilleure valeur ajoutée à l'agriculture de M'Semrir est la culture ayant la plus faible efficacité agronomique et cela malgré qu'elle occupe la plus grande surface agricole et le contexte adapté à son développement. Cela pourrait s'expliquer par une non maîtrise des itinéraires techniques de la culture et un manque de moyens pour booster son développement.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Au terme de ce travail, on peut dire que la commune rurale de M'Semrir a un rapport à la ressource en eau assez particulier et caractéristique. C'est une zone de PMH de montagne où la ressource en eau est disponible et les enquêtes ont montré une facilité d'accès à la ressource dans presque tous les endroits. Cet état de fait distingue M'Semrir des autres types d'oasis rencontrées dans la région du Drâa-Tafilalet. Malheureusement l'étude entreprise dans le cadre de ce travail a montré que la ressource en eau présente une forte variation interannuelle avec des niveaux très bas de l'oued en été. Les agriculteurs ont alors mis en place des mécanismes de gestion qui diffèrent par endroits. Ces mécanismes basés sur la répartition de la ressource sur la base du temps permettent de répartir mieux la ressource pendant la période estivale. Cependant ces mécanismes qui bien que respectant dans une certaine mesure les normes et principes de bonnes gestions n'arrivent pas à assurer une répartition équitable de la ressource en eau. En effet, les différents agriculteurs enquêtés, surtout dans les zones aval, se plaignent de la non disponibilité de l'eau ou de la faible quantité qu'ils reçoivent des zones amont. Cela s'explique d'une part par l'état du réseau d'irrigation et d'autre part par le tour d'eau spécialement dans les zones amont (Cas de la zone de M'Semrir).

En ce qui concerne le réseau d'irrigation on note une dégradation progressive du système gravitaire surtout dans les séguias principales de l'amont qui sont très anciennes et n'ont pas encore connu de réhabilitation par endroit. Cette dégradation du réseau occasionne d'importantes pertes de la ressource en eau qu'on a évaluées en moyenne à 56% puisque les études ont montré que l'efficacité du réseau d'irrigation n'est que de 44%. A cela pourrait s'ajouter le nombre élevé de séguias en terre dans la zone alors que ce sont elles qui enregistrent le plus grand taux de perte d'eau (efficacité évaluée à 57%) alors qu'elles assurent notamment l'interconnexion entre l'amont et l'aval. On observe donc une baisse importante des volumes d'eau qui transitent vers l'aval et ainsi donc une baisse importante des débits. Les travaux conduits sur le terrain ont permis d'observer jusqu'à 42% de baisse de débit entre les zones amont et aval.

L'autre raison évoquée est le tour d'eau. En effet, la liberté d'accès à l'eau dans la zone de M'Semrir dont le tour d'eau est basé sur la possibilité d'irrigation dès qu'il y a de l'eau dans la séguia, fait que la plupart des agriculteurs y irriguent tout le temps. Ce qui diminue considérablement les volumes d'eau pour les gens de l'aval dans cette zone. Pour la zone d'Oussikis c'est surtout les fortes variations du niveau de l'Oued qui impactent les zones avale puisque le tour d'eau y est bien structuré et il existe des ententes entre l'amont et l'aval.

Le dernier point de ce travail de fin d'études, a porté sur l'évaluation des pratiques d'irrigation dans la zone d'étude. Tout d'abord le calcul des besoins en eau des différentes plantes a montré que les besoins en eau à l'échelle de toute la SAU peuvent être théoriquement couverte par la quantité d'eau que transporte annuellement l'Oued Dadès. Le seul véritable problème est que le niveau de l'Oued atteint des niveaux très bas en période estivale alors que c'est à cette période que les plantes cultivées ont le plus besoin d'eau. Le recours au pompage peut s'avérer être une alternative à ce problème. L'évaluation des doses d'irrigation apportées par les agriculteurs a montré une sur-irrigation des parcelles agricoles. En effet, on note un taux de satisfaction des besoins en eau de 141% avec un excès d'eau de 7 Mm³. Malgré cet sur-irrigation des parcelles agricoles, les rendements agricoles observés ne permettent pas aux agriculteurs de vivre uniquement de l'agriculture, reléguant ainsi l'agriculture à une agriculture de subsistance malgré son potentiel énorme (culture du pommier).

L'analyse des efficacités agronomiques à travers la valorisation de l'eau agricole a permis de comprendre dans une certaine mesure pourquoi l'agriculture n'est que de subsistance à M'Semrir. En effet, le pommier qui occupe pourtant la majorité de la SAU de la zone d'étude a malheureusement la plus faible efficacité agronomique, soit 2 kg/m³/an. Les raisons de cette faible valorisation de l'eau agricole peuvent être associées à la non maîtrise des itinéraires techniques et au manque de moyens financiers des habitants. Par contre, ce sont les cultures de pomme de terre et de luzerne qui valorisent mieux la ressource en eau puisqu'elles ont les meilleures efficacités agronomiques. Ces deux dernières cultures sont pourtant des cultures destinées à la consommation du bétail pour la luzerne et la consommation des familles pour la pomme de terre.

A la lumière de ce qui précède, les recommandations suivantes peuvent être formulées pour améliorer l'état de la situation actuelle à M'semrir :

- Mettre en place des documents écrits sur la gestion de l'eau que les agriculteurs prendront le soin de bien vouloir valider et auxquels ils pourront se référer dans les années à venir. Ce document écrit pourrait être une base pour la gestion des conflits éventuels qui pourraient survenir et constituerait une source de jurisprudence pour les futures générations ;
- Etablir un accord écrit entre les agriculteurs de l'amont et de l'aval pour la répartition de l'eau. Cette entente pourrait concerner par exemple la création d'un créneau horaire fixe pour chacune des deux parties ou la définition d'un débit minimum fixe que les agriculteurs de l'amont devront laisser pour ceux de l'aval. A ce propos, la mise en

place d'un dispositif de contrôle de ce débit et aussi du débit écologique laissé au niveau des Ouggougs pour les agriculteurs de l'aval, serait à envisager ;

- Améliorer les efficacités du réseau en réduisant les pertes à travers la réhabilitation des séguias en béton dans les zones où elles sont fortement altérées ;
- Améliorer les prises des agriculteurs avec des prises étanches et restaurer les vannes en tête des séguias pour une réduction des pertes et un meilleur contrôle de la ressource ;
- Utiliser dans la mesure du possible un film plastique au niveau des séguias en terres pour réduire les pertes par infiltration ;
- Intensifier la sensibilisation et l'encadrement des agriculteurs afin de les amener à mieux utiliser, entretenir et gérer les ouvrages hydrauliques pour ainsi assurer une meilleure durabilité de ces différents équipements ;
- Mieux structurer et redynamiser les organisations coutumières de la gestion des ressources en eau et leur donner un cadre administratif et légal qui leur donnerait un meilleur accès à des subventions et aux financements de l'Etat ;
- Augmenter le niveau de surveillance dans le réseau d'irrigation pour mieux remarquer les différentes infractions et prendre les mesures qui s'y rapportent ;
- Motiver les aiguadiers responsables de la surveillance à travers la mise en place d'une grille de paiement salariale que les agriculteurs prendront le soin de fixer ;
- Former régulièrement les différents agriculteurs sur les bonnes pratiques d'irrigation et les bonnes pratiques agricoles notamment sur les itinéraires techniques du pommier, pour augmenter leur production et favoriser une meilleure économie de l'eau ;
- Augmenter les effectifs des techniciens de l'ORMVAO pour assurer un contrôle régulier des ouvrages hydrauliques et une intervention rapide en cas de défaillance des composantes du système d'irrigation ;
- Initier les agriculteurs aux techniques de pilotage d'irrigation qui les aideront beaucoup dans l'établissement de leur calendrier d'irrigation.

En termes de recherche, on pourrait émettre les recommandations suivantes :

- Pousser encore plus les études sur la caractérisation des systèmes irrigués en zones de PMH notamment dans la zone de M'Semrir où il serait fort souhaitable d'arriver à cartographier le réseau de séguias secondaires ;
- Mener des études plus approfondies sur les infiltrations et ce sur une longue période afin de mieux cerner leur influence sur les quantités réelles d'eau disponibles ;

- Mener des études sur l'impact du ruissellement dans la commune de M'Semrir pour en évaluer l'effet sur les ressources en eau et comparer cet effet à celui des infiltrations pour déterminer le facteur principal de pertes de l'eau d'irrigation ;
- Etendre la présente étude aux autres zones de PMH partout au Maroc pour mieux cerner les points de ressemblances et de dissemblances entre ces zones en intégrant ainsi la variabilité spatiale dans l'optique d'aboutir à une réflexion sur des plans d'aménagement, de développement et de sauvegarde adaptés au contexte particulier de chacune de ces zones de PMH.
- Approcher l'étude réalisée par des besoins en eau d'association vu que les cultures sont en association dans la zone d'étude pour évaluer avec plus de précision les consommations en eau des cultures pratiquées.
- Insérer le paramètre d'efficacité pour mieux apprécier l'irrigation à la parcelle et ainsi compléter l'évaluation des performances d'irrigation dans la zone de l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- ABOULBARAKET W., OUZOUBAIRE S. (2016). Conception participative d'un projet collectif de reconversion à l'irrigation localisée dans les oasis d'Aoufous. Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Rural. Option Irrigation, Gestion de l'Eau et Environnement. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat *al* Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- AIT-EL-MOKHTAR, M., BOUTASKNIT, A., BEN-LAOUANE, R., ANLI, M., EL AMERANY, F., TOUBALI, S., ... & MEDDICH, A. (2022). Vulnerability of oasis agriculture to climate change in Morocco. In Research Anthology on Environmental and Societal Impacts of Climate Change (pp. 1195-1219). IGI Global.
- AMMARI O., BAYALI N. (2016). Etude des pratiques d'irrigation et évaluation des performances de l'irrigation localisée dans le cadre de la reconversion collective : Cas du secteur pilote du Tadla. Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Rural. Option Eau, Environnement et Infrastructures. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat *al* Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- BEN AÏSSA, I., BOUKSILA, F., BAHRI, A., BOUARFA, S., CHAUMONT, C., & HICHRI, W. (2004, April). Gestion de l'eau et des sels au sein d'une oasis du Sud tunisien. In Modernisation de l'Agriculture Irriguée-Projet INCO-WADEMED (pp. 12-p).
- BEN BRAHIM, M. (2015). Gestion intégrée des ressources en eau dans le Tafilalet (Sud-est marocain) ; leçons d'une histoire.
- BEN BRAHIM, M. (2015). Gestion intégrée des ressources en eau dans le Tafilalet (Sud-est marocain) ; leçons d'une histoire.
- BOUAZIZ, A., & BELABBES, K. (2002). Efficience productive de l'eau en irrigué au Maroc. *Hommes, Terre & Eaux*, 32(124), 57-72.
- BOUAZIZ, A., HAMMANI, A., & KUPER, M. (2018). Les oasis en Afrique du Nord : dynamiques territoriales et durabilité des systèmes de production agricole. *Cahiers Agricultures*, 27(1), 14001.
- BUREAU, H. (1910). Nouvelle Méthode de Jaugeage Par Flotteurs. *La Houille Blanche*, (5), 117-122.
- Centre National de Documentation. (1986). Projet de réalisation de barrages collinaires (Protection, construction et utilisation). Lac collinaire d'Oussikis, Mémoire explicatif.
- CHAROY, J., & TORRENT, H. (1990). Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les Oasis. *Revue options méditerranéennes, CIHEAM*, 229-235.

- Commune rurale de M'Semrir. (2017). Monographie de la commune rurale de M'Semrir
- COTE, M. (2002). Des oasis aux zones de mise en valeur : l'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne. *Méditerranée*, 99(3), 5-14.
- Cours de Gestion Intégrée des Ressources en Eau de troisième année de Génie Rural. (2022). Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- Direction de l'Aménagement du Territoire. Lutte contre la désertification et lutte contre la pauvreté par la sauvegarde et la valorisation des oasis, composante Tafilalet. Document de Projet (2006-2011).
- DJERMOUN A. & ABDELHAMID B. (2018). Présentation des indicateurs de performances techniques et économiques des systèmes d'irrigation. 9-16.
- FALEH A. (2018). *Journal- ISTEE-Numéro2-Octobre2017*.
- HOUSSNI, MHAMMAD & MAHROUSSI, MOHAMED & SBIH, HASNAE & KADIRI, MOHAMED & ATER, MOHAMMED. (2020). Agriculture traditionnelle et agrodiversité dans les oasis du Sud du Maroc : cas des oasis de la région Drâa-Tafilalet.
- JACQUES-MEUNIE, D. (1972). Notes sur l'histoire des populations du sud marocain. *Revue des mondes musulmans et de la Méditerranée*, 11(1), 137-150.
- KABOURI ABDELOUAHED. (2015). Pratiques d'irrigation du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera L.*) dans les zones d'extension du Tafilalet sous irrigation localisée. Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie, Option : Management des Productions Végétales et de l'Environnement. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- KETTANI A., HAMMANI A., TAKY A. & KUPER, M. (2020). L'expérience de l'irrigation par aspersion dans les secteurs collectifs de la Grande Hydraulique du Maroc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(4).
- LAITH S. (2008). La petite et moyenne hydraulique (PMH) : Les enseignements tirés et réflexions pour de nouvelles orientations. *Revue HTE N°141*, 31-32.
- LARBI, S. H. (1989). Les zones phoenicicoles marocaines. *Les Cahiers de la recherche développement*, (22), 15-27.
- MESNIL J.J. (1972). La petite et moyenne hydraulique au Maroc. *Hommes, Terre et Eaux*. Revue trimestrielle publiée par l'Association Nationale des Améliorations Foncières de l'Irrigation et du Drainage, N°2 – 1^{er} trimestre 1972, 29-30.

- MOUMNI. H. 2020. Cours d'Hydrologie de 1ère année cycle ingénieur de génie rural. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- M'GHAR FATIMA AZAHRA. (2015). Typologie fonctionnelle des systèmes d'élevage dans les oasis au Maroc : cas de la vallée du Drâa. Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Agronomie, Option : Ingénierie des Productions Animales. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- MELLOUKI D., ZELMAD M. (2019). Analyse des performances des secteurs d'irrigation gravitaire dans le périmètre irrigué du Gharb. Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Rural. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate. (1999). Projet de Réhabilitation de Périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique (PMH) dans la Vallée du Dadès
- Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate. Situation du projet de réhabilitation des périmètres de PMH dans la vallée de Dadès, composante financée par la KFW au 31/12/2007
- ORMVAO. (2015). Monographie de la zone d'action de l'office 2014-2015
- ORMVAO. (2017). Monographie de la province de Tinghir
- PLUSQUELLEC, H., & BACHRI, M. (2013). Le respect des droits d'eau lors de la réhabilitation des périmètres traditionnels au Maroc. *Irrigation and Drainage*, 62(5), 695-707.
- PREFOL, P. (1986). *Prodige de l'irrigation au Maroc : le développement exemplaire du Tadla, 1936-1985*. Nouvelles Editions Latines.
- RECALT, C. (2012). Agriculture et gestion sociale de l'eau. *Pour*, (1), 195-201.
- RIEUL, L. (1997). Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût. Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. Bari, Italie, CIHEAM, 233-251.
- RUF, T. (2011). Le façonnage des institutions d'irrigation au XXe siècle, selon les principes d'Elinor Ostrom, est-il encore pertinent en 2010 ? *Natures sciences sociétés*, 19(4), 395-404.
- RUELLE P., MAILHOL J.C., ITIER B. (2004). Évaluation des pertes par évaporation lors des irrigations par aspersion en condition de fort déficit hydrique. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, Lavoisier ; IRSTEA ; CEMAGREF, 13 -20. ffhal-00472878.

- TAHIROU S., ZERBO P., SANOU Y. (2022). Assessment of Irrigation Performance Using Water Satisfaction Index of The Saga Irrigated Perimeter in Niger River Valley. 453-465. 10.52155/ijpsat.v32.1.4294.
- TAKY A. (2021). Cours d'irrigation gravitaire de deuxième année de Génie Rural. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat Al Irfane, B.P. 6202. Rabat – Maroc.
- TOUTAIN, G., DOLLE, V., & FERRY, M. (1989). Situation des systèmes oasiens en régions chaudes. Les Cahiers de la recherche développement, (22), 3-14.
- VAN DER SCHANS, M. L., LEMPERIERE, P., LUC, J. P., ZAMBRANA-GUEDEZ, T., HERMITEAU, I., & OUEDRAOGO, H. (2007). Diagnostic participatif rapide et planification des actions d'amélioration des performances des périmètres irrigués : Application à l'Afrique de l'Ouest. Lieu de publication non identifié. 11-20.

WEBOGRAPHIE

<https://www.fao.org/3/r4082e/r4082e06.htm>, consulté le 02/07/2022

<http://81.192.10.228/patrimoine/barrages/barrages-existants/>, consulté le 14/06/2022

<http://81.192.10.228/ressources-en-eau/politique-de-leau/>, consulté le 24/06/2022

<https://fr.climate-data.org/afrique/maroc/m-semrir-امسمرير/m-semrir-830301-امسمرير/#climate-graph>, consulté le 24/06/2022

https://gironde.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/100_Inst-Gironde/Documents/pdf_grandes-cultures_accompagnement-technique_mieux-irriguer/Messages_irrigation_2019/message_1/Tableau_Coefficients_Cultureaux_Kc_.02.pdf, consulté le 09/05/2022

<https://www.agriculture.gov.ma/fr/ministere/generation-green-2020-2030>, consulté le 24/06/2022

<https://www.agriculture.gov.ma/fr/programme/eau-et-irrigation>, consulté le 10/07/2022

<https://www.fao.org/3/I9253FR/i9253fr.pdf>, consulté le 24/06/2022

<https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/results.html>, consulté le 23/06/2022

https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Maroc/docs/2017-Oasis-brochure-FAO.pdf, consulté le 21/06/2022

https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705f/x6705f03.htm, consulté le 18/05/2022

<https://www.fao.org/maroc/programmes-et-projets/oasil/fr/>, consulté le 14/07/2022

https://www.hcp.ma/Base-de-donnees-Inventaire-Communal-rural_a2218.html, consulté le 09/05/2022

<https://www.ormvatafilalet.ma/missions/>, consulté le 14/06/2022

PARTIE IV : ANNEXES

I. Fiche d'enquêtes

PARTIE I : CARACTERISATION DE L'EXPLOITATION

Enquête N° :

Nom de l'exploitant :

Age :, Marié : oui/non, Douar :

Modèle d'exploitation 1 (< 1 ha), 2 (1 ha à 5 ha), 3 (> 5 ha)

L'EXPLOITANT

- L'agriculture est-elle votre activité principale : oui/non
- Depuis quand pratiquez-vous l'agriculture ?
- Autres activités que l'agriculture ?

RELATION A LA TERRE

Statut de la terre :, Mode d'acquisition : 1 (Achat), 2 (héritage), 3 (Autres)

SAU totale exploitée (ha) :, Nombre de parcelles :

Propriété personnelle

N°	Superficie (ha)	Situation	Culture	Mode de faire valoir (Direct Indirect)	Coût de production (MAD)	Bour ou irrigué	Temps pour irriguer	Nombre de personnes pour irriguer et coût	Prix de l'eau d'irrigation (MAD)	Rendements (Qx)	Objectifs de production ¹
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											

¹ Les objectifs de production à considérer, autoconsommation humaine, autoconsommation animale, vente à l'unité frigorifique. Pour la vente demander le prix de vente et le lieu de vente

Location et vente de la terre ?

- Mettez-vous des parcelles en location ? : oui/non

Pourquoi ? : 1 (à cause du manque d'eau), 2 (à cause de la fertilité des sols), 3 (pour raisons économiques), 4 (Autre :

Type de contrat :

Qu'est-ce que vous gagnez ? : 1 (argent :), 2 (une partie de la récolte, combien :), 3 (autre :

Nombre de parcelles prises en location ou en association : Superficie de ces parcelles (ha) :, type de contrat :

- Avez-vous vendu des terres auparavant ? : oui/non, Année :

Si oui, pourquoi ? : 1 (à cause du manque d'eau), 2 (à cause de la fertilité des sols), 3 (pour raisons économiques), 4 (autre :

- Louez-vous les parcelles d'autres agriculteurs ? : oui/non

Si oui, pourquoi ? : 1 (à cause du manque d'eau), 2 (à cause de la fertilité des sols), 3 (pour raisons économiques), 4 (autre :

Nombre de parcelles louées :, Superficie (ha) :, Culture en place :, Coût de location :

PUITS ET FORAGES

N°	X	Y	Z	Année de construction	Coût de construction (MAD)	Profondeur (m)	Niveau de l'eau par rapport à la surface (m)	Type d'énergie ²	Type de motopompe (Puissance, débit)	Nombre d'heures de fonctionnement par jour ou par semaine	Coût de l'énergie (MAD par semaine)	Coût d'entretien annuel (MAD)	Problèmes rencontrés
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

² Energie utilisée pour puiser l'eau : Humaine (H), Solaire (S), Electrique (E)

EVOLUTION DU SYSTEME DE PRODUCTION VEGETALE

Evènements marquants

- Avez-vous introduit de nouvelles cultures ? : oui/non

Si oui : Type, Date,

Raisons,

- Avez-vous abandonné des cultures ? : oui/non

Si oui : Type, Date,

Raisons,

- Avant l'introduction du pommier quelles cultures pratiquiez-vous ?

.....
.....

Coûts de production

- Quelles techniques utilisez-vous pour préparer vos champs ?

.....
.....
.....

- A combien vous revient chacune d'elle ?

.....
.....
.....

- Comment se passe la moisson ou la récolte ? A combien vous revient-elle ?

.....
.....
.....

- Embauchez-vous de la main d'œuvre ?

.....
.....
.....

- Combien d'ouvriers ?

.....
.....
.....

- Quelles sont les tâches que réalisent les ouvriers ?

.....
.....
.....

- Combien de fois durant la campagne agricole leur faites-vous appel ?

.....
.....
.....

- Combien sont-ils payés ?

.....
.....

Objectifs de production actuels

Objectifs	Contraintes à surmonter	Solutions proposées par l'exploitant

PARTIE II : GESTION COMMUNAUTAIRE DE L'EAU

LES SOURCES D'EAU

Le débit de l'Oued Dadès est-il constant pendant toute l'année ? oui/non

Pourquoi ?

.....
.....

Comparativement aux années précédente y'a-t-il eu un changement ? 1 (Baisse, année), 2 (Augmentation, année)

.....
.....

Quelle est la fréquence des crues dans la zone ? Quand est-ce qu'a eu lieu la dernière crue ?

.....
.....

Les volumes prélevés de l'oued sont-ils suffisants ? oui/non

Si non Pourquoi ?

.....
.....

Comment jugez-vous la qualité de l'eau ? 1 (Très bonne), 2 (Bonne), 3 (Mauvaise : salinité) ; pourquoi ?

.....
.....

Comment se faisait la gestion de l'eau avant la construction du barrage ?

Responsable

.....
.....

Origine du tour d'eau et Prix de l'eau

.....
.....

Organisation du tour d'eau (dérivation de la totalité du débit ou d'une part du débit pour l'irrigant, allocation d'un volume d'eau, etc.)

.....
.....

Temps d'irrigation par personne

.....
.....

Droits d'eau

.....
.....

Modalités de cession de droits d'eau

.....
.....

Contraintes et conflits rencontrés

.....
.....

Comment se faisait la gestion de l'eau après la construction du barrage ?

De combien de lâchers disposiez-vous et à quelle fréquence ?

.....
.....

Qui était responsable des lâchers de l'eau du barrage ?

.....
.....

Que fut l'apport du barrage ? (Nouvelle source, réduction du prix de l'eau, augmentation de superficie, introduction de nouvelles cultures, aménagement des séguias et des périmètres, etc.)

.....
.....

Le tour d'eau a-t-il été impacté ? y'a-t-il eu des changements pendant la période d'existence du barrage ?

.....
.....

Comment se faisait la gestion de l'eau après l'envasement du barrage ?

Qu'avez-vous perdu avec l'envasement du barrage ? (Faible quantité d'eau, réduction des superficies, élimination de certaines spéculations, augmentation du prix de l'eau, vente des terres agricoles, etc.)

.....
.....

Quel était le moyen de compensation après l'envasement du barrage ? (Nouvelles sources d'eau, nouvelles techniques d'économie, développement des puits et forages, etc.)

.....
.....

Le tour d'eau a-t-il été impacté ? y'a-t-il eu des changements après l'envasement du barrage ?

.....
.....

Impacts d'autres phénomènes sur la gestion de l'eau

Est-ce qu'il y'a eu une évolution ou un changement dans les droits d'eau depuis leur origine ?

.....
.....

Comment se faisait l'irrigation pour les céréales avant l'introduction du pommier (temps et fréquence d'irrigation, durée du tour d'eau) ? Y'a-t-il eu un changement dans la façon d'irriguer suite à l'introduction du pommier (modification du temps et de la fréquence d'irrigation, de la durée du tour d'eau) ?

.....
.....

Comment se fait la gestion de l'eau en période de sécheresse ? (Diminution des débits et volumes alloués, mise en place de dispositifs de stockage, recours au pompage, augmentation du prix de l'eau, etc.)

.....
.....

Comment se fait la gestion de l'eau en période de crues ? (Augmentation des débits et volumes alloués, mise en place de dispositifs de stockage, diminution du prix de l'eau, autre type de tour d'eau, etc.)

.....
.....

Participez-vous au service de l'eau ? oui/non

Si oui, comment ?

.....
.....

Si non, pourquoi ? Qui s'en charge ? Que fait-il exactement ? (Contrôle, passage de l'eau d'une fraction à l'autre, etc.)

.....
.....

Qui décide du début du tour d'eau ? Sur quels critères se base-t-il pour décider du début du tour d'eau ?

.....
.....

Est-ce que vous êtes satisfaits du tour d'eau ? oui/non

Pourquoi ?

.....
.....

Quels sont les problèmes qui rendent difficile le tour d'eau ou la gestion de l'eau ?

.....
.....
Quelles solutions vous pensez faisables pour résoudre ces problèmes ?

.....
.....
PARTIE III : RESEAU D'IRRIGATION

Existe-t-il un calendrier d'irrigation entre les différents agriculteurs ? oui/non

Comment est mis en place le calendrier d'irrigation ? Qui est chargé de mettre en place le calendrier ?

.....
.....
Participez-vous à la gestion du réseau d'irrigation actuel ? Oui ; Non

Si oui, comment ?

.....
.....
Si non, qui s'en charge ?

.....
.....
Quels sont les problèmes rencontrés au niveau du réseau de séguias actuellement ?

.....
.....
Y'a-t-il un responsable des séguias et de leur entretien ?

.....
.....
Comment se fait l'entretien des séguias ? Et à quelle fréquence (combien de fois par an) ?
(Cotisation, participation physique, etc.)

.....
.....
Quels sont les problèmes liés à l'entretien du réseau de séguias ?

.....
.....
Quelles solutions proposez-vous ?

.....
.....
Quels ont été les grandes phases qui ont marqué l’histoire des séguias ? (Date d’aménagement, projets de réhabilitation, développement du réseau, remplacement des canaux en terre par le béton, etc.)

.....
.....
La construction des canaux en béton a-t-elle eu un impact sur le tour d’eau ? (Amélioration, meilleur contrôle, etc.)

II. Calculs des débits

1. Protocole expérimental de la méthode du flotteur

La caractérisation des aménagements hydroagricoles d'une zone donnée se fait aussi bien qualitativement que quantitativement. La caractérisation quantitative se fait donc par la mesure des débits notamment afin d'évaluer les quantités d'eau qui circulent dans les séquoias au profit des populations. La méthode du flotteur est la méthode utilisée pour la caractérisation des débits des séguias.

Matériel utilisé

- Téléphone portable :
 - o Application IOS *Measure* pour la mesure des distances ;
 - o Application IOS *Clock* pour chronométrer les distances ;
- Bouteille en plastique remplie d'eau à moitié pour pallier mieux représenter le profil des vitesses, faisant office de flotteur artificiel.
- Cahier, stylo pour noter les mesures.

Etapes suivies

Il faut dans l'ordre :

- Identifier un tronçon rectiligne et homogène de la séguia c'est-à-dire que la section reste la même sur tout le tronçon de mesure ;
- Noter les coordonnées du lieu de mesure ;
- Caractériser la section de la séguia : mesurer la hauteur totale à partir du fond de la séguia, la hauteur d'eau dans la séguia, et la largeur de la séguia ;
- Définir le point de départ de la mesure de distance ;
- Utiliser l'application *Measure* à partir du point de départ et se déplacer dans le sens de l'écoulement pour avoir une distance raisonnable (minimum 10 mètres) ;
- Marquer le point d'arrivée du flotteur et noter la distance mesurée entre le point de départ et le point d'arrivée ;
- Retourner au point de départ préalablement marqué et lâcher le flotteur un peu avant le point de départ et au milieu de la séguia ;
- Activer le chronomètre lorsqu'il franchit le point de départ de la mesure ;
- Aller vers le point d'arrivée à la distance mesurée et arrêter le chronomètre lorsque le flotteur franchit le point d'arrivée ;
- Récupérer le flotteur.

NB : Faire trois mesures de temps par tronçon afin de se rapprocher des mesures réelles et minimiser les erreurs.

Les mesures sont notées sous la forme du tableau suivant.

Coordonnées			Longueurs (m)	Temps (s)			Caractéristiques de la séguia (cm)		
Long.	Lat.	Alt.		T1	T2	T3	Y eau	Y	l

Symboles et unités :

Long. : Longitude

Lat. : Latitude

Alt. : Altitude

T : Temps

Y eau : Hauteur d'eau dans la séguia

Y : Hauteur de la séguia *l* : Largeur

Unités : m (mètres) ; s (secondes) ; cm (centimètres)

Résultats

A partir des différentes mesures effectuées, on peut calculer :

- **La section mouillée :**

$$\text{Section mouillée (m}^2\text{)} = \text{hauteur d'eau(m)} * \text{largeur (m)}$$

- **La vitesse de surface de l'eau dans la séguia :**

$$\text{Vitesse de surface (m/s)} = \frac{\text{distance parcourue (m)}}{\text{temps mis (s)}}$$

- **La vitesse moyenne de l'eau dans la séguia :**

L'étude de la littérature montre que la méthode du flotteur ne permet que de mesurer les vitesses superficielles d'un écoulement. Pour avoir donc une idée sur l'écoulement moyen dans la séguia, il faut multiplier la vitesse de surface de l'eau par un coefficient de vitesse qui varie selon la nature du revêtement du canal étudié. L'étude de la bibliographie montre que ce coefficient de vitesse varie entre 0,4 et 0,9 selon que le canal est en terre ou en béton. (Cours d'Hydrologie de 1^{ère} année cycle ingénieur de génie rural, 2020).

$$\text{Vitesse moyenne (m/s)} = \text{coefficient de vitesse} * \text{Vitesse de surface (m/s)}$$

NB : La FAO préconise de prendre un coefficient de 0.85.

- **Le débit moyen du tronçon de séguia :**

$$\text{Débit moyen (m}^3/\text{s)} = \text{Vitesse moyenne (m/s)} * \text{Section mouillée (m}^2\text{)}$$

$$\text{Débit moyen (l/s)} = \text{Débit moyen (m}^3/\text{s)} * 1000$$

2. Données des mesures réalisées et coefficient de variation

N°	Latitude (N)	Longitude (W)	Longueur (m)	T1(s)	T2(s)	T3(s)	T moyen (s)	Ecart type	Coefficient de variation
M1	31°42'41"	5°48'18"	12.3	76.0	76.0	76.0	76.0	0.0	0%
M2	31°42'40"	5°48'19"	12.0	47.3	44.1	46.5	46.0	1.7	4%
M3	31°42'36"	5°48'18"	10.3	21.5	20.4	19.8	20.6	0.8	4%
M4	31°42'34"	5°48'30"	17.2	34.7	34.8	35.0	34.8	0.2	0%
M5	31°42'31"	5°48'49"	11.8	37.0	32.0	38.8	35.9	3.5	10%
M6	31°42'31"	5°48'49"	11.9	31.7	30.4	26.5	29.5	2.7	9%
M7	31°42'12"	5°48'47"	10.8	36.8	43.7	46.3	42.2	4.9	12%
M8	31°42'09"	5°48'47"	11.7	22.4	23.7	22.0	22.7	0.9	4%
M9	31°42'9"	5°48'48"	11.5	31.1	34.8	34.3	33.4	2.0	6%
M10	31°42'2"	5°48'52"	10.8	27.8	26.9	28.4	27.7	0.7	3%
M11	31°41'54"	5°48'56"	17.9	39.4	40.0	40.9	40.1	0.8	2%
M12	31°41'51"	5°48'57"	13.1	20.1	20.1	20.9	20.4	0.5	2%
M13	31.41'55"	5°48'43"	11.5	20.8	19.1	20.9	20.3	1.0	5%
M14	31.41'47"	5°48'46"	15.4	26.7	25.8	26.0	26.2	0.5	2%
M15	31°41'53"	5°48'35"	4.7	15.3	16.3	15.0	15.5	0.7	4%
M16	31°41'53"	5°48'32"	13.7	19.7	20.1	20.3	20.0	0.3	1%
M17	31°41'50"	5°48'34"	20.0	48.1	44.9	47.1	46.7	1.7	4%
M18	31°41'45"	5°48'30"	11.2	22.7	22.1	22.5	22.4	0.3	1%
M19	31°41'26"	5°48'57"	10.8	26.3	26.0	24.7	25.6	0.8	3%
M20	31°41'37"	5°49'20"	11.8	32.1	27.7	32.2	30.7	2.5	8%
M21	31°41'35"	5°49'24"	11.7	46.3	46.4	48.6	47.1	1.3	3%
M22	31°41'35"	5°49'24"	4.0	38.2	45.0	33.5	38.9	5.8	15%
M23	31°41'13"	5°49'31"	17.5	39.1	37.8	37.5	38.1	0.8	2%
M24	31°41'13"	5°49'30"	7.1	21.5	22.0	21.4	21.6	0.3	2%
M25	31°41'09"	5°49'20"	10.4	43.6	43.7	43.9	43.8	0.1	0%
M26	31°41'05"	5°49'25"	17.4	45.3	46.5	46.3	46.1	0.6	1%
M27	31°40'57"	5°49'34"	10.7	48.3	47.0	48.9	48.1	1.0	2%
M28	31°40'58"	5°49'42"	10.3	27.8	26.0	27.5	27.1	1.0	4%
M29	31°40'49"	5°49'54"	10.9	43.7	42.0	43.3	43.0	0.9	2%

3. Calculs des débits et vérification par Manning-Strickler

Une fois le calcul des vitesses et débits effectué avec la méthode du flotteur, on procède au contrôle de ces valeurs par la formule de Manning-Strickler. Le contrôle a consisté à calculer la rugosité n avec les valeurs de débits obtenues par la méthode du flotteur. Cette valeur de la

rugosité obtenue servira à l'aide de la littérature de vérifier le matériau des séguias (béton). Si la valeur de la rugosité conduit à un autre matériau, cela voudra dire que les calculs effectués sont tout simplement erronés.

Pour rappel l'équation de Manning-Strickler s'écrit :

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{i} \rightarrow n = \frac{1}{Q} A R_h^{2/3} \sqrt{i}$$

Avec :

- n est le coefficient de Rugosité de la séguia. Il varie en fonction du matériau de la séguia
- A est la section mouillée de la séguia en m^2 ;
- R_h est le rayon hydraulique qui est égale à la section mouillée sur le périmètre mouillé en m ;
- i est la pente moyenne du calant, soit 2.4% comme valeur obtenue à partir de Google Earth au niveau de la parcelle étudiée.

Les calculs effectués sont repris dans le tableau ci-dessous de la page suivante. Le coefficient de rugosité moyen obtenu par la formule de Manning-Strickler est de 0.11. D'après les coefficients de rugosité de KUTTER ci-dessus, cette valeur se situe entre 0.1 et 0.15. On en déduit que le matériau des séguia où ont été effectuées les mesures présente des parois très lisses ou à ciment lissé. Ce qui semble logique puisqu'elles sont effectivement en béton.

Coefficients de rugosité de KUTTER

(Source : Wiki hydro)

Nature du matériau	N
Parois très lisse	0.1
Ciment lissé, bois raboté	0.15
Bois bien jointé	0.2
Bois ordinaire	0.25
Brique, maçonnerie soignée	0.35
Maçonnerie ordinaire	0.5
Maçonnerie et ciment anciens	1
Canaux en terre dressés	1.5

Identification	Méthode du flotteur		Manning-Strickler					
	Vitesse (m/s)	Débit (m ³ /s)	largeur séguia (m)	Y eau (m)	S mouillée (m ²)	P mouillé (m)	Pente moyenne	n
M1	0.138	0.004	0.4	0.08	0.032	0.56	2.4%	0.17
M2	0.222	0.013	0.4	0.15	0.06	0.7	2.4%	0.14
M3	0.424	0.010	0.3	0.08	0.024	0.46	2.4%	0.05
M4	0.419	0.004	0.3	0.03	0.009	0.36	2.4%	0.03
M5	0.280	0.042	0.6	0.25	0.15	1.1	2.4%	0.15
M6	0.343	0.021	0.6	0.1	0.06	0.8	2.4%	0.08
M7	0.218	0.047	0.6	0.36	0.216	1.32	2.4%	0.21
M8	0.438	0.039	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.08
M9	0.292	0.035	0.6	0.2	0.12	1	2.4%	0.13
M10	0.331	0.043	0.5	0.26	0.13	1.02	2.4%	0.12
M11	0.379	0.032	0.5	0.17	0.085	0.84	2.4%	0.09
M12	0.547	0.041	0.5	0.15	0.075	0.8	2.4%	0.06
M13	0.482	0.017	0.5	0.07	0.035	0.64	2.4%	0.05
M14	0.501	0.018	0.5	0.07	0.035	0.64	2.4%	0.04
M15	0.256	0.018	0.6	0.12	0.072	0.84	2.4%	0.12
M16	0.583	0.058	0.5	0.2	0.1	0.9	2.4%	0.06
M17	0.364	0.033	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.09
M18	0.426	0.051	0.6	0.2	0.12	1	2.4%	0.09
M19	0.359	0.047	0.6	0.22	0.132	1.04	2.4%	0.11
M20	0.326	0.029	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.10
M21	0.211	0.019	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.16
M22	0.088	0.008	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.38
M23	0.390	0.035	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.09
M24	0.279	0.025	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.12
M25	0.202	0.006	0.5	0.06	0.03	0.62	2.4%	0.10
M26	0.322	0.008	0.5	0.05	0.025	0.6	2.4%	0.06
M27	0.189	0.017	0.6	0.15	0.09	0.9	2.4%	0.18
M28	0.324	0.016	0.6	0.08	0.048	0.76	2.4%	0.08
M29	0.216	0.017	0.6	0.13	0.078	0.86	2.4%	0.15
Moyenne								0.11

III. Méthode des trapèzes

La méthode des trapèzes est une méthode de calcul numérique d'une intégrale s'appuyant sur l'interpolation linéaire par intervalles. Elle a pour but de permettre l'estimation de la surface mouillée des séguia en terre.

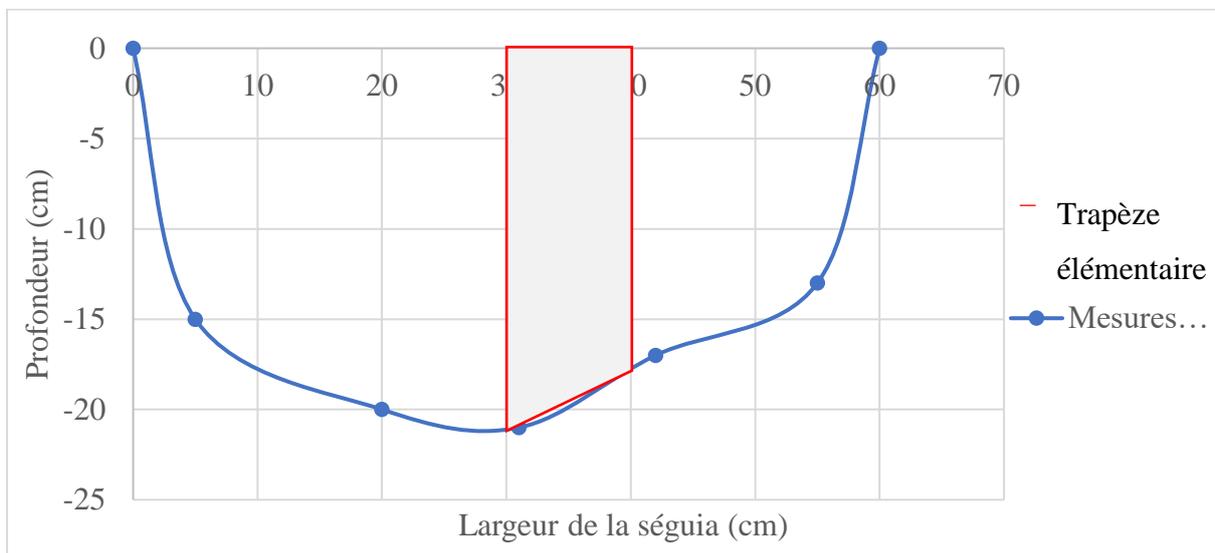
Le principe de la méthode est de décomposer la surface sous la courbe en des trapèzes élémentaires dont on peut calculer facilement la surface. Plus la discrétisation en trapèze élémentaire est poussée, plus l'estimation de la surface évaluée est précise.

Pour l'évaluation de la section mouillée des séguias en terre les étapes de calcul sont les suivantes :

- Tracer le profil en travers de la section sur la base des mesures réalisées ;
- Décomposer cette surface en petits trapèzes élémentaires
- Calculer la surface de chaque trapèze élémentaire selon la formule :

$$Section = \frac{y(a)+y(b)}{2} * (b - a) ; \text{ avec } a \text{ et } b \text{ deux abscisses tel que : } a < b$$

- La surface totale de la section étudiée est alors la somme des surfaces de tous les trapèzes élémentaires.



IV. Méthodes empiriques de calculs des infiltrations

La formule de Moritz

$$S = 0.2 * C * \sqrt{Q/v}$$

S : perte par infiltration (ft³/s/mile) ;

Q : débit (ft³/s) ;

v : vitesse d'écoulement (ft/s) ;

C : constante dépendant du type de sol.

Valeurs de C en fonction du type de sol (KRAAT 1977 cité dans MELLOUKI et ZELMAD, 2019)

Type de sol	Valeur de C
Gravier cimenté et harpant avec limon sableux	0.34
Argile et limon argileux	0.41
Asphalte léger	5
Limon sableux	0.66
Cendres volcaniques	0.68
Sable ou argile	1.2
Sol sableux avec pierres	1.68
Sol sableux et graveleux	2.2

La formule indienne (1967)

$$S = C * A * D$$

S : perte par infiltration (ft³/j) ;

A : surface du périmètre mouillé (ft²) ;

D : hauteur d'eau dans le canal (ft) ;

C : constante variant entre 1.1 et 1.8.

Formule égyptienne de Molesworth et Yennidumia

$$S = C * L * P * \sqrt{R}$$

S : perte par infiltration (ft³/s/ft) ;

L : longueur du canal (ft) ;

P : périmètre mouillé (ft) ;

R : rayon hydraulique moyen (m) ;

C : coefficient dépendant de la nature du sol ; c= 0.00271 pour l'argile et c= 0.00542 pour le sable.

V. Inventaire des puits et forages

N°	Profondeur (m)	Niveau	Localisation		Prélèvement (pompage électrique, gasoil, gaz)
		Actuel (2022)	Longitude (N)	latitude (W)	
OUSSIKIS					
1	26.00	24.50	31°40'53"	5°53'8"	solaire
2	100.00	50.00	31°41'5"	5°53'12"	électricité
3	100.00	50.00	31°41'5"	5°53'12"	électricité
4	33.00	25.00			manuel
5	70.00	35.00	Bouknifen		solaire
6	90.00	60.00	31°41'22"	5°53'24"	solaire
7	28.00	5.00			solaire
MSEMRIR					
1	55.00	30.00	31°41'37"	5°49'24"	Solaire
2	50.00	15.00	31°41'37"	5°49'24"	Solaire
3	53.00	20.00	31°41'37"	5°49'24"	
4	50.00	15.00	31°41'37"	5°49'24"	
5	40.00	26.00	31°41'38"	5°49'8"	électricité
6	85.00	48.00	31°41'46"	5°49'16"	électricité
8	32.00	14.00	31°41'45"	5°48'36"	solaire
9	100.00	14.00	31°41'45"	5°48'36"	solaire
10	150.00	50.00	31.69575	5.80982	solaire
11	30.00	30.00	31°42'40.99	5°48'12.14"	solaire

VI. Données d'enquêtes sur les pratiques d'irrigations

Index	Douar	Accès à l'eau	Index	Douar	Accès à l'eau
1	Ait Hadidou (amont)	Facile	33	M'semrir	Facile
2	Ait Hadidou (aval)	Facile	34	M'semrir	Facile
3	Ait Marghad	Difficile	35	M'semrir	Facile
4	Ait Marghad	Facile	36	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Difficile
5	Ait Marghad	Facile	37	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
6	Ait Marghad	facile	38	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
7	Ait Marghad	Difficile	39	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
8	Ait Marghad	Facile	40	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
9	Ait Marghad	Facile	41	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
10	Ait Marghad	Facile	42	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
11	Ait Marghad	Facile	43	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Facile
12	Oatab	Facile	44	<i>M'semrir (Imi N'Ouarg)</i>	Difficile
13	Oatab	Facile	45	Ait Ounebgui	Facile
14	M'semrir	Facile	46	Ait Ounebgui	Facile
15	M'semrir	Facile	47	Oussikis	Facile
16	M'semrir	Facile	48	Oussikis	Facile
17	M'semrir	Facile	49	Oussikis	Difficile
18	M'semrir	Facile	50	Oussikis	Facile
19	M'semrir	Difficile	51	Oussikis	Difficile
20	M'semrir	Difficile	52	Oussikis	Difficile
21	M'semrir	Difficile	53	Taadadate	Difficile
22	M'semrir	Difficile	54	Taadadate	Facile
23	M'semrir	Facile	55	Taadadate	Difficile
24	M'semrir	Facile	56	Taadadate	Difficile
25	M'semrir	Facile	57	Taadadate	Facile
26	M'semrir	Difficile	58	Taadadate	Facile
27	M'semrir	facile	59	Taadadate	Facile
28	M'semrir	Difficile	60	Taadadate	Difficile
29	M'semrir	facile	61	Taadadate	Difficile
30	M'semrir	facile	62	Taadadate	facile
31	M'semrir	facile	63	Taadadate	facile
32	M'semrir	Facile	64	Taadadate	facile

VII. Calcul des besoins en eau des cultures

Présentation de la méthode de Blaney Criddle pour le calcul de l'évapotranspiration de référence

La formule de Blaney Criddle est la méthode la plus utilisée au Maroc. Elle est destinée au calcul des évapotranspirations de référence ET_0 . Pour rappel, l' ET_0 est définie comme étant le taux d'évapotranspiration d'une surface étendue de sol totalement couverte de gazon vert ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm ne manquant pas d'eau, et se développant activement.

La formule de Blaney Criddle proposée en 1950 était connue d'une part, pour surestimer l' ET_0 jusqu'à 40% dans les zones calmes, humides, nuageuses et, d'autre part, pour la sous-estimer de 60% dans les zones arides et désertiques. La formule a donc été corrigée par le Département de l'Agriculture des Etats-Unis (USDA) en 1962 avec l'introduction du facteur K_t . Ce facteur K_t dépend de la température et permet ainsi de s'approcher des vraies valeurs de ET_0 . L'équation de Blaney Criddle modifiée s'écrit donc :

$$ET_0 = K_t * p * (0.46 * T_{moy} + 8.13)$$

Avec :

- ET_0 : Evapotranspiration en mm/mois ;
- K_t : facteur de correction dépendant de la température soit :

$$K_t = 0.031 * T_{moy} + 0.24)$$

Calculs des besoins nets en eau d'irrigation

Le besoin net en eau d'irrigation représente la quantité d'eau qui doit être effectivement consommée par la plante. Le besoin en eau annuel, qui est le volume annuel nécessaire, soit par ha, soit pour l'ensemble du périmètre. Le débit fictif continu en période de pointe exprime le débit continu (24 h/jour) qui serait nécessaire à l'hectare pendant la période de pointe des arrosages.

La formule de calcul du besoin net est : $B_n = K_c * K_r * ET_0 + L_r - P_e$

Avec :

- B_n : Besoin net d'irrigation (mm/jour) ;
- ET_0 : Evapotranspiration de référence (mm/jour) ;
- K_c : Coefficient cultural de la culture ;
- P_e : Pluie efficace (mm) : La précipitation efficace est la partie de la précipitation totale sur la zone cultivée qui est disponible pour répondre aux besoins potentiels de transpiration dans la zone cultivée. En pratique si la pluviométrie moyenne du mois est inférieure à 75 mm alors $P_e = 0.6 * P_{totale}$ sinon $P_e = 0.8 * P_{totale}$

- L_r : dose de lessivage ;
- K_r : Coefficient de réduction introduit pour l'irrigation localisée qui dépend du taux de couverture du sol par la culture (Cs) $K_r = Cs / 0.85$ selon Keller et Karmeli – Bulletin FAO 36

Cultures	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août
CEREALES												
Blé tendre, dur, orge			0,70	0,70	0,70	0,70	1,00	0,80	0,40			
Autres céréales d'automne				0,70	0,70	0,70	1,00	0,80	0,40			
Céréales de printemps-été	0,70										0,70	0,70
Riz	1,20								1,20	1,20	1,20	1,20
Sorgho						0,60	0,90	1,00	1,00	1,00	0,80	
Mais							0,50	0,90	1,00	1,00	0,07	
CULTURES INDUSTRIELLES												
Betterave de saison		0,50	0,50	0,65	0,90	1,10	1,15	1,15	1,00	0,70		
Canne à sucre moyenne	0,82	0,58	0,42	0,52	0,60	0,68	0,76	0,92	0,89	0,92	0,98	1,09
Coton	0,70						0,45	0,60	0,90	1,00	1,00	0,90
Soja	0,80	0,70							0,60	0,80	1,00	1,00
Tournesol en principal							0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	
Tournesol en dérobé	0,40									0,50	0,70	0,90
Arachide 1	0,70	0,70										
Arachide 2	1,00	1,00	1,00	0,70	0,70	0,70						
LUGUMINEUSES												
Fève, féverole			0,70	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00	0,70			
Pois chiche			0,70	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00	0,70			
Légumineuse d'automne			0,70	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00	0,70			
Haricot sec							0,60	1,00	1,10	0,80		
Légumineuse de printemps	0,80	1,00										
MARAICHAGE INDUSTRIEL												
Tomate							0,50	0,85	1,00	0,85		
Niors	0,60								0,50	0,60	0,60	0,60
Haricot vert							0,60	1,00	1,10	0,80		
MARAICHAGE PRIMEUR												
Tomate sous serre							0,50	0,85	1,00	0,85		
Tomate plein champ							0,50	0,85	1,00	0,85		
Fraisier frais							0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,70
MARAICHAGE SAISON												
Haricot printemps							0,50	0,80	1,10	1,15		
Haricot automne	0,80	1,00										
Oignon hiver		0,40	0,60	0,70	0,95	1,00	0,95	0,95				
Ail	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	0,70	0,50				
Artichaud	0,60	0,80	1,00	1,00	0,90	0,80	0,70					
Tomate							0,50	0,85	1,00	0,85		
Petit pois	0,60	0,70	1,00	1,20	1,00							
P de terre printemps						9,00	1,40	1,40	1,00			
P de terre automne	1,00	1,00	0,60									
Pastèque - Melon cycle 2								0,40	0,90	1,00	0,70	
Artichaud	0,80	0,80	0,65	0,60	0,75	0,95	1,00	1,10	1,15	1,10	1,05	1,00
Fraisier frigo	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	1,10	1,10	1,10
Navet	1,00	1,00	0,60									
Pastèque - Melon cycle 1										0,70	1,00	0,80
Aubergine								0,45	0,65	0,90	1,00	0,80
Piment	0,60								0,50	0,60	0,60	0,60
Carotte	1,00	1,00	0,60									
Courge et courgette	0,70									0,50	1,10	0,80
Chou-fleur	0,60	0,80	1,00	1,00	0,90	0,80	0,70					
Poltron	0,60								0,50	0,60	0,60	0,60
Maraichage été	0,70								0,50	1,10	0,80	
FOURRAGES												
Bersim cycle 1	0,50	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60				
Fourrage d'automne	0,50	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50					
Orge fourager				0,70	0,70	0,70	1,00	0,80	0,40			
Avoine				0,70	0,70	0,70	1,00	0,80	0,40			
Vesce avoine				0,70	0,70	0,70	1,00	0,80	0,40			
Ray Grass	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	1,00				
Luzerne	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	1,10	1,20	1,20
Soudan Grass	0,80							0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Mais fourrage	0,95									0,60	1,00	1,05
CULTURES PERENNES												
Agrumes	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Rosacées	0,50	0,30	0,20	0,20	0,20	0,30	0,40	0,70	0,80	1,00	0,90	0,80
Oliviers	0,60	0,40	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,45	0,55	0,60	0,60	0,60
Vignes	0,65	0,50	0,40	0,20	0,20	0,20	0,30	0,50	0,65	0,80	0,80	0,80

Coefficients culturaux Maroc (Source : TAKY)

Pommier	Vergers sols nu	
	Irrigation localisée	Irrigation par aspersion
Périodes végétatives	Kc	Kc
Avril-mai	0,5	0,6
Juin	0,65	0,75
Juillet jusqu'à la récolte	0,8	0,9
Après la récolte	0,5	0,6

! Pour vergers enherbés, augmenter chaque Kc de 0,1

Coefficients culturaux du pommier (Source : Chambre d'Agriculture Nouvelle Aquitaine)

Valeur de K_r par Keller et Karmeli (Source : Bulletin FAO, 36)

taux de couverture du sol par la culture C_s (%)	K_r par Keller et Karmeli
10	0.12
20	0.24
30	0.35
40	0.47
50	0.59
60	0.70
70	0.82
80	0.94
90	1
100	1

Calculs des besoins nets en eau d'irrigation

Le besoin brut d'irrigation est le volume d'eau qu'il faut apporter à la plante en tenant compte des pertes observées dans le réseau d'irrigation. C'est une sorte de majoration du besoin net pour que la plante reçoive son besoin en eau malgré les pertes. La formule de calcul est la

$$\text{Besoin brut} = \frac{\text{Besoin net}}{\text{Efficience}}$$

En théorie, l'efficience dans les réseaux d'irrigation gravitaire est de 70%. Les calculs ont abouti à une efficience de 44% dans la zone d'étude. On réalisera donc le calcul des besoins en eau pour ces deux valeurs théorique et pratique.

Résultats de calculs pour les besoins en eau des cultures à M'Semrir

Pommier												
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Température (°C)	16.1	11.4	5.4	2.6	1.1	2.1	5.8	9.7	13.5	18.4	21.9	20.8
Durée d'insolation (%)	0.28	0.26	0.24	0.23	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.3
Kt	0.74	0.59	0.41	0.32	0.27	0.31	0.42	0.54	0.66	0.81	0.92	0.88
Nombre de jours	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
ET0 (mm/j)	3	2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5
ET0 (mm/mois)	96	64	31	21	17	20	38	59	90	129	165	145
Pmoy (mm/mois)	35	35	27	20	23	26	32	33	34	27	16	32
Pe (mm/mois)	21.00	21.00	16.20	12.00	13.80	15.60	19.20	19.80	20.40	16.20	9.60	19.20
Kc	0.90	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.75	0.90	0.90
Ea	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ET (mm/mois)	86.53	57.41	27.97	12.78	10.12	12.06	22.72	35.45	54.29	96.49	148.79	130.59
Bn (mm/mois)	65.5	36.4	11.8	0.8	0.0	0.0	3.5	15.7	33.9	80.3	139.2	111.4
Bn(mm/j)	2.2	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.1	2.7	4.5	3.6
Bn (m ³ /ha/mois)	655.28	364.13	117.72	7.77	0.00	0.00	35.24	156.53	338.86	802.90	1391.89	1113.90
Bb(mm/mois)	93.61	52.02	16.82	1.11	0.00	0.00	5.03	22.36	48.41	114.70	198.84	159.13
Bb (mm/j)	3.12	1.68	0.56	0.04	0.00	0.00	0.16	0.75	1.56	3.82	6.41	5.13

NB : Les Kc utilisés sont ceux d'un verger de plantes adultes sur sol nu pour mieux évaluer la consommation des pommiers malgré l'association de cultures

Ea = 70%	Besoin net annuel (mm/an)	498	Ea = 44%	Besoin net annuel (mm/an)	498
	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	7120		Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	11328
	Bb assolé (mm/j)	4.5		Bb assolé(mm/j)	4.5
	dfc (l/s/ha)	0.52		dfc (l/s/ha)	0.52
	Qe (l/s/ha)	1.04		Qe (l/s/ha)	1.04

Pomme de terre												
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Température (°C)	16.1	11.4	5.4	2.6	1.1	2.1	5.8	9.7	13.5	18.4	21.9	20.8
Durée d'insolation (%)	0.28	0.26	0.24	0.23	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.3
Kt	0.74	0.59	0.41	0.32	0.27	0.31	0.42	0.54	0.66	0.81	0.92	0.88
Nombre de jours	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
ET0 (mm/j)	3	2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5
ET0 (mm/mois)	96	64	31	21	17	20	38	59	90	129	165	145
Pmoy (mm/mois)	35	35	27	20	23	26	32	33	34	27	16	32
Pe (mm/mois)	21.00	21.00	16.20	12.00	13.80	15.60	19.20	19.80	20.40	16.20	9.60	19.20
Kc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.40	1.40	1.00	0.00	0.00	0.00
Ea	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ET (mm/mois)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.09	53.02	82.72	90.48	0.00	0.00	0.00
Bn (mm/mois)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	33.8	62.9	70.1	0.0	0.0	0.0
Bn(mm/j)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.1	2.1	2.3	0.0	0.0	0.0
Bn (m3/ha/mois)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.92	338.22	629.23	700.77	0.00	0.00	0.00
Bb(mm/mois)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.56	48.32	89.89	100.11	0.00	0.00	0.00

Ea = 70%	Besoin net annuel (mm/an)	169	Ea = 44%	Besoin net annuel (mm/an)	169
	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	2419		Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	3848
	Bb assolé(mm/j)	2.3		Bb assolé(mm/j)	2.3
	dfc (l/s/ha)	0.26		dfc (l/s/ha)	0.26
	Qe (l/s/ha)	0.52		Qe (l/s/ha)	0.52

Céréales (Blé dur, Blé tendre, Orge)												
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Température (°C)	16.1	11.4	5.4	2.6	1.1	2.1	5.8	9.7	13.5	18.4	21.9	20.8
Durée d'insolation (%)	0.28	0.26	0.24	0.23	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.3
Kt	0.74	0.59	0.41	0.32	0.27	0.31	0.42	0.54	0.66	0.81	0.92	0.88
Nombre de jours	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
ET0 (mm/j)	3	2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5
ET0 (mm/mois)	96	64	31	21	17	20	38	59	90	129	165	145
Pmoy (mm/mois)	35	35	27	20	23	26	32	33	34	27	16	32
Pe (mm/mois)	21.00	21.00	16.20	12.00	13.80	15.60	19.20	19.80	20.40	16.20	9.60	19.20
Kc	0.00	0.00	0.70	0.70	0.70	0.70	1.00	0.80	0.40	0.00	0.00	0.00
Ea	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ET (mm/mois)	0.00	0.00	21.76	14.91	11.81	14.07	37.87	47.27	36.19	0.00	0.00	0.00
Bn (mm/mois)	0.0	0.0	5.6	2.9	0.0	0.0	18.7	27.5	15.8	0.0	0.0	0.0
Bn(mm/j)	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.6	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0
Bn (m ³ /ha/mois)	0.00	0.00	55.56	29.07	0.00	0.00	186.73	274.70	157.91	0.00	0.00	0.00
Bb(mm/mois)	0.00	0.00	7.94	4.15	0.00	0.00	26.68	39.24	22.56	0.00	0.00	0.00
Bb (mm/j)	0.00	0.00	0.26	0.13	0.00	0.00	0.86	1.31	0.73	0.00	0.00	0.00

Ea = 70%	Besoin net annuel (mm/an)	70	Ea = 44%	Besoin net annuel (mm/an)	70
	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	1006		Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	1600
	Bb assolé(mm/j)	0.9		Bb assolé(mm/j)	0.9
	dfc (l/s/ha)	0.11		dfc (l/s/ha)	0.11
	Qe (l/s/ha)	0.21		Qe (l/s/ha)	0.21

Luzerne												
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Température (°C)	16.1	11.4	5.4	2.6	1.1	2.1	5.8	9.7	13.5	18.4	21.9	20.8
Durée d'insolation (%)	0.28	0.26	0.24	0.23	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.3
Kt	0.74	0.59	0.41	0.32	0.27	0.31	0.42	0.54	0.66	0.81	0.92	0.88
Nombre de jours	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
ET0 (mm/j)	3	2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5
ET0 (mm/mois)	96	64	31	21	17	20	38	59	90	129	165	145
Pmoy (mm/mois)	35	35	27	20	23	26	32	33	34	27	16	32
Pe (mm/mois)	21.00	21.00	16.20	12.00	13.80	15.60	19.20	19.80	20.40	16.20	9.60	19.20
Kc	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70	0.80	0.90	1.00	1.00	1.10	1.20	1.20
Ea	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ET (mm/mois)	48.07	38.28	18.65	14.91	11.81	16.08	34.09	59.09	90.48	141.52	198.39	174.12
Bn (mm/mois)	27.1	17.3	2.4	2.9	0.0	0.5	14.9	39.29	70.08	125.3	188.8	154.9
Bn(mm/j)	0.9	0.6	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5	1.31	2.26	4.2	6.1	5.0
Bn (m ³ /ha/mois)	270.71	172.75	24.48	29.07	0.00	4.81	148.86	392.88	700.77	1253.19	1887.85	1549.21
Bb(mm/mois)	38.67	24.68	3.50	4.15	0.00	0.69	21.27	56.13	100.11	179.03	269.69	221.32
Bb (mm/j)	1.29	0.80	0.12	0.13	0.00	0.02	0.69	1.87	3.23	5.97	8.70	7.14

Ea = 70%	Besoin net annuel (mm/an)	643	Ea = 44%	Besoin net annuel (mm/an)	643
	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	9192		Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	14624
	Bb assolé(mm/j)	6.1		Bb assolé(mm/j)	6.1
	dfc (l/s/ha)	0.70		dfc (l/s/ha)	0.70
	Qe (l/s/ha)	1.41		Qe (l/s/ha)	1.41

Maraîchage (tomate, navet, carotte, oignon, etc.)												
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Température (°C)	16.1	11.4	5.4	2.6	1.1	2.1	5.8	9.7	13.5	18.4	21.9	20.8
Durée d'insolation (%)	0.28	0.26	0.24	0.23	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.3
Kt	0.74	0.59	0.41	0.32	0.27	0.31	0.42	0.54	0.66	0.81	0.92	0.88
Nombre de jours	30	31	30	31	31	29	31	30	31	30	31	31
ET0 (mm/j)	3	2	1	1	1	1	1	2	3	4	5	5
ET0 (mm/mois)	96	64	31	21	17	20	38	59	90	129	165	145
Pmoy (mm/mois)	35	35	27	20	23	26	32	33	34	27	16	32
Pe (mm/mois)	21.00	21.00	16.20	12.00	13.80	15.60	19.20	19.80	20.40	16.20	9.60	19.20
Kc	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.10	0.80
Ea	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ET (mm/mois)	67.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.33	181.85	116.08
Bn (mm/mois)	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	48.13	172.3	96.9
Bn(mm/j)	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	1.60	5.6	3.1
Bn (m ³ /ha/mois)	462.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	481.27	1722.53	968.80
Bb(mm/mois)	66.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.75	246.08	138.40
Bb (mm/j)	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.29	7.94	4.46

Ea = 70%	Besoin net annuel (mm/an)	364	Ea = 44%	Besoin net annuel (mm/an)	364
	Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	5194		Besoin brut annuel (m ³ /ha/an)	8263
	Bb assolé(mm/j)	5.6		Bb assolé(mm/j)	5.6
	dfc (l/s/ha)	0.64		dfc (l/s/ha)	0.64
	Qe (l/s/ha)	1.29		Qe (l/s/ha)	1.29

ملخص

أجريت هذه الدراسة في البلدية مسمرير، وهي واحة جبلية تقع أعلى منبع خوانق دادس في الأطلس الكبير. إنها منطقة تتميز بممارسة الري التقليدي

لسوء الحظ، تهدد الديناميكيات الاجتماعية الجديدة والأخطار المناخية، الاستقرار والتنمية المستدامة لبيئة الواحات هذه. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى وصف الممارسات الزراعية المختلفة خاصة، فيما يتعلق باستخدام المياه والأنماط المختلفة لإدارة المياه في البلدية عن طريق جرد كل ما يتعلق بالموارد المائية، مع التركيز بشكل خاص على آليات الإدارة، وهيكلية الشبكة وأداء نظام الري

اعتمد النهج المتبع على تحديد منطقة الدراسة حيث تم جمع البيانات وتحليلها وحسابها من خلال المقابلات والقياسات الميدانية. في نهاية هذه الدراسة، تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية تتكون شبكة الري مسمرير من شبكة كثيفة للغاية من ساقيات مترابطة والتي تضمن توزيع الماء بين المنبع والمصب. ومع ذلك، لا يبدو هذا التوزيع عادلاً نظراً لوجود انخفاض في التدفقات المتاحة بنسبة تصل إلى 42٪ في بعض مناطق المصب بسبب عمليات السحب لري قطع الأراضي الواقعة في أعلى النهر

بالإضافة إلى ذلك، تقدر الكفاءة الإجمالية لشبكة الري بنسبة 44٪ وهذا مفسر من خلال الحالة المتقدمة لتدهور بعض السلالات في مناطق المنبع وفقد المياه بشكل كبير عن طريق التسرب. ثم فيما يتعلق بأساليب الإدارة، فهي تعتمد بشكل عام على أبراج المياه، لا سيما في المناطق التي تعاني من ندرة كبيرة في الموارد المائية مثل المو و اقصيص تتوافق معظم طرق الإدارة هذه الموارد المائية مع مبادئ الإدارية الجديدة، لكن يمكن اتخاذ إجراءات لتحسينها.

ختاماً، أظهرت دراسة ممارسات الري الإفراط في ري الأراضي من قبل المزارعين بمعدل 141٪. أما من حيث الكفاءة الزراعية، تتمتع البطاطس بأفضل كفاءة في استخدام المياه حيث تبلغ 8 كجم/3م و على عكس كل التوقعات، فإن شجرة التفاح التي كان من المفترض أن توفر أعلى قيمة 2 كجم بمتوسط 3/م

مشروع نهاية الدراسة
للحصول على دبلوم مهندس الدولة في الهندسة القروية

التفاعلات بين الموارد المائية واستخدامها في الواحات الجبلية: حالة مضيق
دادس في الأطلس الكبير

قدمها ودعمها علناً:

باغانان روك ستيفان

أمام لجنة التحكيم المكونة من:

رئيس	المعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	السيدة المكناسي يوسف احسان
مقرر	المعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	الأستاذ الدكتور حماني علي
مقرر مشارك	المعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة / CIRAD	دكتور لاكمبي غيوم
مقرر مشارك	المعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	د. تاقى عبد الإله
ممتحن	المعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة / CIRAD	دكتور بيرت جوليان
ممتحن	المعهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة	السيد بقاش محمد

يوليو 2022