

## **MEMOIRE**

Présenté pour obtenir le titre de :

**Licence es Sciences et Technique**

***Eau et environnement***

**Le projet de la reconversion collective de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée au Maroc - Périmètre de Tassaout Amont, secteur d'Oulad Gaïd - Etude préliminaire**



Par : ***Dris Kabbaj & Loubna EL Mostage***

Encadrés par :

- **Mr SAIDI Mohamed El Mehdi** (Faculté des Sciences et Techniques)

- **Mr SGHIR Fathallah** (Office de Mise en Valeur agricole du Haouz)

Soutenu le 28/06/2012 devant la commission d'examen composée de :

- **ESSARRAJ Samia** (Faculté des Sciences et Techniques)

- **HAFID Ahmid** (Faculté des Sciences et Techniques)

- **SAIDI Mohamed El Mehdi** (Faculté des Sciences et Techniques)

**2011-2012**

# *Dédicace*

## *A nos parents*

Qu'aucune dédicace ne serait exprimé à juste valeur tout l'amour, le respect et le dévouement que nous portons envers eux.

## *A nos enseignants & professeurs*

Pour leur patience, dévouement et sacrifice.

## *A nos amis & frères*

A citer un grand remerciement et gratitude envers nos frères et nos amis

Particulièrement à Kenza Abdelouafi, pour son aide et son soutien.

*Et à tous ceux qui ont rendu ce rapport finalement réalisable.*

## **Remerciements**

*À l'issue de ce stage, nous exprimons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.*

*Nous adressons nos profonds remerciements à Monsieur **J. SGHIR**, notre encadrant à l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz, pour son temps, son encadrement, et ses conseils.*

*Un grand merci à notre encadrant Mr **M. SAIDI** qui a toujours éclairé notre travail avec ses recommandations aiguisées en donnant beaucoup de son temps, et de son professionnalisme.*

*Nous remercions également Mr **A. BENKEDOUR** qui nous a facilité la tâche d'avoir effectué nos analyses au sein de laboratoire de la FST.*

*Monsieur **A. MORENO**, et son équipage : Monsieur **H. AALIANE** et Madame **N. NEHHAZ**, au sein du Laboratoire pédologique d'ORMVAH, pour leurs soutiens et conseils afin de mener à bien nos analyses chimiques.*

*Monsieur **H.ERRACHIDI** et toute son équipe au sein de l'annexe de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz a **EL ATTAOUIA**. Pour leur chaleureux accueil, leur disponibilité et leur encouragement.*

*Nos chaleureux remerciements vont également à nos chers parents pour leur soutien et encouragements. Ainsi qu'à nos collègues et nos amis pour leur solidarité.*

*Merci enfin à toutes les personnes du département de géologie de la FST de Marrakech et au personnel de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz.*

# Sommaire

<b>Introduction générale :</b> .....	<b>9</b>
<b>Problématique :</b> .....	<b>10</b>
<b>Chapitre 1 : CADRE GENERAL</b> .....	<b>11</b>
I- Présentation de la zone de l'ORMVAH :.....	11
II- Caractéristique de la zone d'ORMVAH :.....	11
II.1. caractéristiques géographiques : .....	11
II.2. caractéristiques climatiques :.....	12
II.3. Les ressources naturelles : .....	12
II.4. Pédologie :.....	14
III- Caractéristiques des périmètres d'irrigation à l'ORMVAH :.....	15
III.1. Périmètre de la Tassaout Amont :.....	15
III .2. Périmètre de la Tassaout Aval :.....	16
III.3. Périmètre du Haouz central : .....	16
IV- Le Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation (PNEEI) :.....	16
IV.1. Le cadre stratégique :.....	16
IV.2. Les objectifs et priorités :.....	17
IV.3. Consistance du programme : .....	17
IV.4. Analyse multicritères de la reconversion :.....	20
IV.5. les risques de programme :.....	21
<b>Chapitre 2 : L'IRRIGATION AU MAROC</b> .....	<b>22</b>
I- Situation de l'irrigation au Maroc : .....	22
II- L'intervention de l'état dans les 3 types d'irrigation au Maroc : .....	23

II.1. La Grande Hydraulique (GH) :.....	23
II.2 La petite et moyenne hydraulique (PMH) :.....	24
II .3. L'irrigation privée (IP) : .....	24
III- Les différentes techniques d'irrigation : .....	24
III.1. l'irrigation gravitaire : .....	25
III.2. l'irrigation par aspersion : .....	28
III.3. l'irrigation par goutte à goutte :.....	29
IV- Bilan sur les impacts des systèmes d'irrigation : .....	31
V- Procédés de filtration utilisés dans le traitement de la turbidité des eaux :.....	33
V.1. Intégration du matériel de filtration au réseau d'irrigation :.....	33
V.2. Les différents types de filtres : .....	33
<b>Chapitre 3 : Le périmètre irrigué de Tassaout amont et secteur d'Oulad Gaïd :.....</b>	<b>36</b>
I- Découpage de sous-secteur d'irrigation de la Tassaout amont :.....	36
II-Présentation de la zone d'étude : .....	37
II.1. Situation géographique : .....	37
II.2. Le climat .....	37
II.3. Ressources en eau .....	40
II.4. Occupation du sol.....	41
III-Situation actuelle de l'irrigation du Tassaout amont secteur Oulad Gaïd : .....	42
III.1.Présentation du système d'alimentation et d'adduction du périmètre de la Tassaout amont :....	42
III.2. Présentation du système d'alimentation de secteur d'Oulad Gaïd.....	44
III.3. Dotation du secteur en eau d'irrigation : .....	44
III.4. Diagnostic hydraulique : .....	46
<b>Chapitre 4 : Etude de la faisabilité de la reconversion a l'irrigation localisé au secteur Oulad Gaïd .....</b>	<b>48</b>
I- Projet futur de la reconversion de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée dans le secteur Oulad Gaïd : .....	48
I.1. Choix de secteur d'Oulad Gaïd : .....	48
I.2. Expérimentation de l'irrigation localisée : .....	49
II- Etude de la qualité des eaux d'irrigation des secteurs Oulad Gaïd par le projet de reconversion des systèmes d'irrigation .....	51

II.1.Objectif d'étude :.....	51
II.2.Qualité des eaux du canal Est (Barrage Moulay Youssef) .....	51
II.3. Les normes les calculs de turbidité: .....	52
II.4.Choix de variantes : .....	53
.....	55
II.5.dimensionnement de l'ouvrage : .....	55
II.6.station de filtration :.....	57
<b>Conclusion .....</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>61</b>

## Liste des figures

Figure 1 : position géographique et périmètres irriguée du Haouz.....	12
Figure 2 : Carte du niveau piézométrique de la nappe du Haouz (Abourida, 2007). .....	14
Figure 3 : Carte pédologique du Haouz de Marrakech (Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts 1951) .....	15
Figure 4: Évolution des modes d'irrigation à travers du PNEEI (Anafid, 2011) .....	18
Figure 5: développement de l'irrigation au Maroc. (ANAFID 2011) .....	22
Figure 6: les différents systèmes d'irrigation. ....	25
Figure 7: Schéma et photo de l'irrigation par siphon. (Azouggagh, 2001).....	26
Figure 8 : Photo et schéma de rampe à vannettes (Azouggagh, 2001).....	27
Figure 9: schéma et photo du gain souple . (Azouggagh, 2001) .....	27
Figure 10: Schéma de la transirrigation.....	28
Figure 11 : l'irrigation par aspersion.....	29
Figure 12: Schéma d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.....	30
Figure 13 : Schéma générale d'un réseau d'irrigation localisée.....	30
Figure 14: Les différents types d'irrigation par goutte à goutte. ....	31
Figure 15 : schéma et photo d'un hydro cyclone. ....	33
Figure 16: schéma et photo du filtre à disques .....	34
Figure 17: schéma et photo des filtres à sable .....	34
Figure 18: Schéma et photo des filtres à tamis .....	35
Figure 19: Carte de la localisation d'Oulad Gaïd par rapport au Tassaout amont(ORMVAH). ....	37
Figure 20: Précipitation moyennes mensuelles (mm) à la station de Sidi Rahal.....	38
Figure 21: précipitations annuelles à la station de Sidi Rahal de 1968 à 2004 .....	38
Figure 22: Variation mensuelle des températures à la station du Sidi Rahal de 1969 à 2004.....	39
Figure 23: carte de la nappe Haouz qui alimente le Tassaout amont .....	41
Figure 24: Occupation des plantations dans la région du Tassaout amont.....	41
Figure 25: schéma simplifié des aménagements hydrauliques du secteur Oulad Gaïd. ....	43
Figure 26: Histogramme de fourniture en eau de la Tassaout amont au cours d'une dizaine d'années.....	45
Figure 27 : Schéma de décantation statique .....	54
Figure 28: Schéma de futur décanteur .....	55
Figure 29 : comparaison des caractéristiques de filtration des trois filtres .....	57

## Liste des tableaux

Tableau 1:La situation des secteurs par rapport aux nappes (ORMVAH). .....	13
Tableau 2 : La situation actuelle de la répartition des superficies irriguées (ORMVAH).....	23
Tableau 3 : Les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire.....	31
Tableau 4 : Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	32
Tableau 5 : Avantages et inconvénients de l'irrigation en goutte à goutte.....	32
Tableau 6 : Découpage des Sous-secteurs de Tassaout amont par superficie équipée en ha (ORMVAH, 2008).....	36
Tableau 7: Les apports annuels du barrage d'alimentation (ORMVAH, 2008).....	40
Tableau 8 : Caractéristiques du réseau d'irrigation de la Tassaout amont .....	42
Tableau 9 : Situation et charge disponible pour reconversion du secteur Oulad Gaïd.....	46
Tableau 10 : rendements des principales cultures irriguées dans le secteur d'Oulad Gaïd en (qx/ha).....	49
Tableau 11 : Evolution des besoins bruts en milliers de m <sup>3</sup> .....	49
Tableau 12 : Evolution du bilan en milliers de m <sup>3</sup> .....	50
Tableau 13 : L'amélioration de la marge brute et valorisation de l'eau (Ghayour, 2008) .....	50
Tableau 14 : la qualité des eaux du barrage Moulay Youssef (novec2011).....	52
Tableau 15 : Mesure de la turbidité au niveau des prises du canal Oulad Gaïd.....	53
Tableau 16 : dimensionnement du bassin de décantation pour le secteur Oulad Gaïd : .....	56

## Introduction générale :

---

Avec le développement socio-économique d'une part, et la forte pression démographique et urbanistique d'autre part, la demande en eau ne cesse de s'accroître. Au Maroc, l'agriculture consomme entre 80 et 90 % des ressources en eau. Les données disponibles montrent que les performances des systèmes d'irrigation actuels sont restées faibles à très moyennes.

Les pertes en eau à la parcelle sont de l'ordre de 30 à 40 %, en particulier les pertes par percolation. Aussi, l'uniformité des irrigations reste faible, ce qui influe négativement sur la production. La maîtrise de l'utilisation de l'eau d'irrigation devient donc urgente et nécessaire.

Les économies d'eau ont une grande importance dans les recherches d'amélioration des techniques d'irrigation, tout particulièrement dans les pays arides. En effet plus le climat est aride, plus la ressource en eau est limitée et plus les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Il faut donc valoriser au mieux l'eau dont on dispose. L'évolution des techniques d'irrigation y contribue grâce aux meilleures performances des équipements, à condition que ces équipements soient bien choisis et bien utilisés. Une analyse de cette évolution pour chacun des trois modes d'irrigation (de surface, par aspersion et micro-irrigation) met en évidence l'intérêt des progrès technologiques.

Dans ce cadre, l'Etat a pris en charge la réalisation du réseau d'irrigation et des opérations foncières notamment le nivellement. La réalisation de ces différentes opérations a été confiée d'abord à l'Office National des Irrigation et par la suite aux Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole, actuellement au nombre de neuf.

Dans les premiers périmètres équipés, c'est surtout l'irrigation gravitaire qui a été prédominante. Plus tard les autres techniques d'irrigation ont fait leur apparition. Il s'agit notamment de l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée.

La reconversion de l'irrigation gravitaire vers l'irrigation localisée (ou goutte à goutte), moins demandeuse en eau, est ainsi une voie privilégiée. Cette technique permet en effet de réduire de plus de 50% la consommation d'eau et d'augmenter les rendements. Elle offre des possibilités importantes en termes de choix des systèmes de cultures par une meilleure maîtrise de l'irrigation.

C'est pour cela que nous nous sommes intéressés à un projet de reconversion collective de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée, qui est en cours, notamment celui du secteur dit « Oulad Gaïd » du périmètre de la Tassaout amont, qui relève de l'autorité de l'Office de Mise en Valeur Agricole du Haouz.

## Problématique :

---

Le périmètre d'irrigation de grande hydraulique (GH) au secteur Oulad Gaïd fait partie des périmètres ciblés par le programme national de reconversion de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée. La banque mondiale a élaborée en concertation avec les AUEA (Association des usagers de l'eau Agricole), l'ORMVAH et les agriculteurs une étude de faisabilité de conception participative des projets collectifs de reconversion à l'irrigation localisée dans ce périmètre arboricole de GH (Grande hydraulique). Ceci pour améliorer l'économie d'eau et valoriser cette dernière.

D'après des études de fractibilité et des analyses multicritères, ce programme a donné la prioritaire du choix de secteur pour la reconversion collective aux 3 périmètres « N°fis1-2, Oulad Gaïd, Beni Amer » dont la superficie totale de la première tranche de reconversion est de 5700 Ha financé à 2/3 par la banque mondiale et 1/3 par l'état.

Pour entamer les travaux, la banque mondiale exige à l'état 70% d'acceptation d'agriculteurs.

Ainsi cette reconversion consiste en 3 composantes :

- Aménagement hydro agricole qui présente des conduits de gros diamètre et petits diamètre, des bornes d'irrigations, compteur, régulateur
- L'appui technique par la formation et l'assistance des agriculteurs ainsi que le pilotage du système d'irrigation tout en donnant des informations fiables aux usagers notamment les périodes adéquates pour l'irrigation en tenant compte la température de l'air, l'évapotranspiration potentielle, les doses d'eau etc..., ainsi que la mise en place d'un système d'information aux marchés.
- Plan de gestion environnemental qui s'occupera de l'analyse des sols et des eaux superficielle et souterraine à partir des prélèvements de la nappe selon un état de référence.

Face à cette situation, notre étude consiste à résoudre la problématique des enjeux du projet de reconversion en irrigation localisée dans une zone arboricole de 2140 Ha d'Oulad Gaïd.

Pour faire adhérer les bénéficiaires au projet par le biais d'une démarche participative d'étude, qui englobe la sensibilisation, l'étude participative et le partage de la vision d'amélioration et généralisation dans les autres zones, nous espérons que cette étude apporte une vision plus claire du projet, qui permettra d'adopter cette reconversion intéressante pour tous les acteurs.

# Chapitre 1 : CADRE GENERAL

---

Ce présent travail a été effectué à l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (ORMVAH).

## I- Présentation de la zone de l'ORMVAH :

L'ORMVAH est un établissement public de développement agricole de la plaine du Haouz, créé par le décret royal n°831-66 du 22 octobre 1966, pour gérer la plaine du Haouz (Maroc). Doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Il est sous tutelle du ministère de l'agriculture et la pêche maritime.

Parmi les Mission de l'ORMVAH, on peut citer :

- Réalisation des études et exécution des équipements hydro-agricoles et de mise en valeur agricole.
- Gestion des équipements hydro agricoles et des ressources en eau à usage agricole.
- Vulgarisation des techniques culturales et formation professionnelle.
- Développement de la production végétale et animale.
- Promotion de l'agro-industrie.
- la gestion, avec d'autres institutions régionales, de l'eau disponible dans les barrages locaux ou externes et celles des nappes phréatiques peu profondes utilisées comme ressources en eaux complémentaires.

## II- Caractéristique de la zone d'ORMVAH :

### II.1. caractéristiques géographiques :

La zone d'action de l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (figure 1), s'étend sur la Wilaya de Marrakech, la province d'El Keleaa de Sraghna, ainsi que sur 10 km<sup>2</sup> environ de la Province d'Azilal, a une superficie totale de près de 7 000 km<sup>2</sup>. Les terres agricoles représentent environ les deux tiers de cette superficie (470 000 ha). Les terres irriguées (310 000ha environ) sont réparties en deux grandes zones, le Haouz central au Sud-ouest, et la Tassaout (Amont et Aval) au Nord-Est.

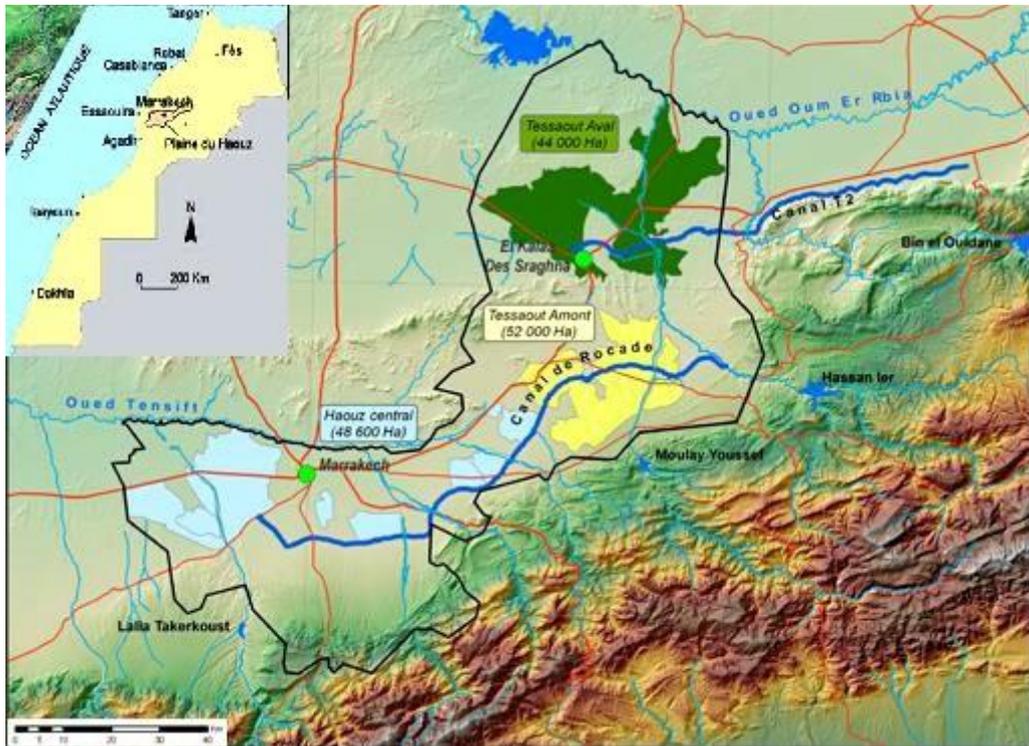


Figure 1 : position géographique et périmètres irriguée du Haouz

## II.2. caractéristiques climatiques :

Le climat méditerranéen du Haouz, chaud et sec, de type continental, est classé à la limite du semi-aride et de l'aride. Il est caractérisé par :

- des pluies faibles et variables avec une moyenne annuelle de l'ordre de 240 mm, pour 40 jours de pluie environ ;
- une température moyenne élevée, avec des écarts journaliers et mensuels importants. La moyenne des maxima (Juillet) est de 37 °C et la moyenne des minima (janvier) est de 4°C.
- une hygrométrie faible : la moyenne mensuelle varie de 40 % (août) à 70 % (janvier) ;
- une très forte évaporation : l'évaporation moyenne annuelle est d'environ 2 300 mm.

## II.3. Les ressources naturelles :

### II.3.1. Les ressources en terres :

Surface total est de 6630000Ha

- superficie agricole utile =473000 Ha
  - ▶ irriguée=273000 Ha dont :
    - Grande hydraulique =144600 Ha
    - Petite et moyenne hydraulique=128400 Ha
  - ▶ Bour = 200000 Ha
- Forets =23200Ha
- parcours=103700 Ha

### II.3.2.Ressources en eau :

Les ressources en eau mobilisées pour l'irrigation sont constituées essentiellement :

– des eaux superficielles

Les ressources en eau mobilisées pour l'irrigation sont constituées essentiellement :

Du réseau hydrographique du Haouz composé d'une multitude de cours d'eau qui s'organisent en deux systèmes : les affluents de l'Oum Er Rabiaa et ceux du Tensift celui-ci reçoit en rive gauche tous les oueds du Haouz central. Ces cours d'eau sont régularisés par trois grands barrages : Lalla Takerkoust, Moulay Youssef et Moulay Hassan Premier et dernièrement par le barrage de Yaakoub Mansour (ORMVAH 2010).

– des eaux souterraines,

Dont la quantité globale = 270millions m<sup>3</sup> répartie sur :

-Haouz central=205millions m<sup>3</sup>

-Tassaout =65millions m<sup>3</sup>

La zone du Haouz est caractérisée par trois nappes qui sont :

\*nappe de la Tassaout aval

\*nappe de la Bahira

\*nappe du Haouz

Secteur	Superficie (ha)	Nappe
Amont T2	6283	Tassaout aval
Sud de kelaa	1484	Une partie minime de Bahira
Tassaout aval rive droite	16000	Tassaout aval
Tassaout aval rive gauche	8500	Bahira et Tassaout aval
Tassaout aval nord de kelaa	12861	Bahira
Tassaout amont	28925	Haouz
H2	4600	Haouz
R1	3800	Haouz
R3	2800	Haouz
Z1	1500	Haouz
N°fis rive droite	17000	Haouz

Tableau 1:La situation des secteurs par rapport aux nappes (ORMVAH).

Parmi les nappes déjà citées dans le tableau1, on s'intéressera à la nappe phréatique du Haouz parce que qu'elle englobe tout le Haouz Central et une grande partie du Tassaout amont. Elle est considérée comme l'une des plus grande nappe du Maroc. Sa superficie est de 6000 km<sup>2</sup> (Latitude : Nord 32°, Longitude : Est 8°).Elle est alimentée principalement par l'infiltration des

Oueds, les pertes des Seguias dans les zones irrigués traditionnellement et par infiltration des eaux de pluies à travers les formations jurassiques (calcaire et dolomie) du Haut Atlas.

Cette nappe fournit, au Haouz central, un volume mobilisable annuel estimé à 173 Mm<sup>3</sup> destiné à l'irrigation des périmètres agricoles (Tab.1).

Cependant, cette nappe souffre du problème de baisse du niveau piézométrique ces dernières années, suite à la sécheresse et à l'important volume pompé au niveau des sites de pompage estimé à environ 10162 unité dans toute la plaine du Haouz. (RESING, 2006)

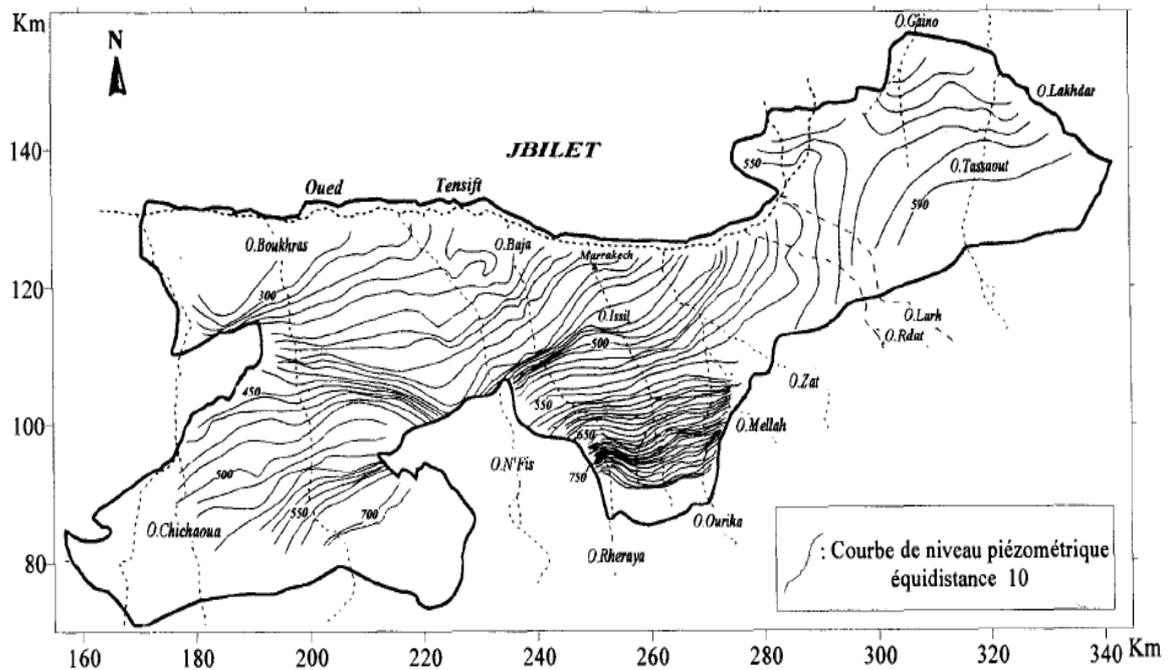


Figure 2 : Carte du niveau piézométrique de la nappe du Haouz (Abourida, 2007).

#### II.4. Pédologie :

Une dernière étude pédologique a été réalisée en 1951, au niveau de toute la plaine du Haouz. Elle a révélé la présence de quatre types de sol de différente nature : Rouge, gris, Châtain et bruns. Leur texture est généralement limono-argileuse, limoneuse et limono-sableuse (Fig.3).

Dans le Haouz central le sol est constitué essentiellement par : des sables fins, des limons roses et des argiles rouges. Ils sont généralement pauvres en matière organique naturelle surtout dans les terrains cultivés.



### **III .2. Périmètre de la Tassaout Aval :**

Le périmètre de la Tassaout aval est situé dans la province d'EL Kalaa des Sraghna, de part et d'autre de l'oued Tassaout. Il s'étale sur une superficie brute de 72000ha dont 44000ha aménagés et irrigués gravitairement.

La Tassaout aval est subdivisée en deux unités hydrauliques :

- La zone située à l'amont du canal T2 (6500ha) bénéficie de l'eau des oueds Lakhdar et Tassaout, régularisés par les barrages Hassan premier et Moulay Youssef (46millions de m<sup>3</sup> /an).
- La zone à l'aval du canal T2 (37500ha) est alimentée par un transfert via le canal GM du Tadla et le canal T2de l'eau de l'oued EL Abid régularisé à Bin El Ouidane (235millions de m<sup>3</sup>/an).

### **III.3. Périmètre du Haouz central :**

On peut distinguer, dans le Haouz central :

- Les périmètres du N'Fis, en rive gauche et en rive droite d'une part,
- Les secteurs centraux d'autre part.

Les secteurs centraux (20000 ha) sont alimentés par le canal de rocade à partir des eaux de l'oued Lakhdar (dotation annuelle brute 144 Mm<sup>3</sup>).

## **IV- Le Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation (PNEEI) :**

### **IV.1. Le cadre stratégique :**

- Le PNEEI s'inscrit dans le cadre du Plan Maroc Vert 2008-2022 qui marque la volonté politique de faire de l'Agriculture un moteur de la croissance de l'économie nationale.
- Le PNEEI a été initié pour permettre au secteur de l'agriculture irriguée de faire face à la raréfaction des ressources en eau et de valoriser au mieux les ressources en eau limitée du pays.
- PNEEI s'inscrit dans les priorités de la stratégie secteur de l'eau 2009-2030. Il marque la volonté des pouvoirs publics d'accorder plus d'intérêt à la gestion de la demande comme axe stratégique du développement intégré et durable du secteur de l'eau.

## IV.2. Les objectifs et priorités :

Les priorités du PNEEI sont comme suit :

- Pour la collectivité nationale :
  - Economie et valorisation de l'eau.
  - Rentabilisation des investissements publics réalisés et à venir.
  - Développement durable du pays.
- Pour l'exploitation agricole :
  - Amélioration des revenus.
  - Réduction des risques.
  - Rentabilité financière des investissements.

Partant de ces considérations, les objectifs immédiats assignés au PNEEI sont comme suit :

- **L'efficience** : technique en termes de réduction des pertes : (i) d'eau essentiellement, ce qui permet d'atténuer les déficits en eau superficielle et de diminuer la surexploitation des ressources en eau souterraine, (ii) d'énergie (de pompage) et (iii) de ressources financières.
- **L'efficacité** : en termes de rentabilité financière (pour les agriculteurs) et économiques pour le pays) à travers une valorisation de l'agriculture irriguée.
- **La durabilité** : à travers la sauvegarde du patrimoine hydro-agricole national, la conservation des ressources naturelles (eau, sol), en évitant les pertes d'engrais et de produits chimiques, et en jugulant les risques d'intrusion marine dans les nappes phréatiques des zones côtières.

## IV.3. Consistance du programme :

Pour réaliser les objectifs qui lui sont assignés, le PNEEI portera sur la réalisation d'un ensemble d'activités sur une période de quinze années. Ces activités ont été regroupées en 5 composantes qui sont :

- Modernisations collectives.
- Modernisations individuelles.

- Valorisation agricole.
- Renforcement de l'appui technique.
- Mesures d'accompagnement.

Les activités d'aménagement seront axées principalement sur la conversion à l'IL au niveau de la GH et de l'IP. En effet, comme mentionné auparavant, les actions visant l'amélioration des performances des modes d'irrigation prédominants (gravitaires et aspersion) ne permettent pas de relever les défis qui se posent actuellement au sous-secteur de l'agriculture irriguée.

Le programme relatif à ces activités sera réalisé sur une période de quinze ans, il porte sur la conversion à l'IL d'une superficie de l'ordre de plus de 550000 ha composée comme suit :

- Périmètres de GH : 395090 ha avec un taux de conversion allant de 81% pour le Tadla à 4% pour Ouarzazate.
- Irrigation privée : 160000 ha correspondant à 50% de la superficie irriguée gravitairement dans les zones de l'IP.

Avec la réalisation de ce programme, la superficie de l'IL atteindra près de 700000 ha, soit presque 50% de la superficie équipée pour l'irrigation. Les graphiques suivants présentent les pourcentages en superficies des trois modes d'irrigation (gravitaire, aspersion et irrigation localisée), situation actuelle et après réalisation du PNEEI.

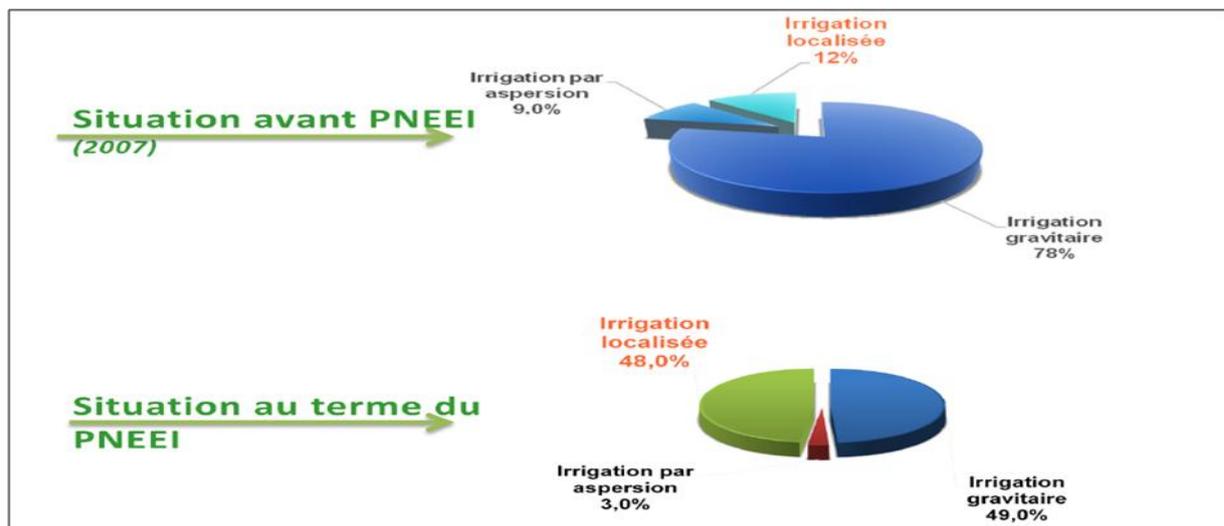


Figure 4: Évolution des modes d'irrigation à travers du PNEEI (ANAFID, 2011)

Les projets à réaliser dans le cadre du PNEEI portent donc sur des reconversions des modes d'irrigation existants en IL. Ces conversions sont de deux sortes : les conversions collectives et les conversions individuelles.

➤ Modernisations collectives :

Il s'agit d'une modernisation et adaptation du réseau d'irrigation (y compris les stations de pompage) pour le rendre compatible avec l'irrigation localisée (IL), d'une part et de l'installation du matériel d'IL au niveau des parcelles, d'autre part. De préférence, l'Etat réalisera la conversion totale du secteur retenu pour la conversion collective, car la solution consistant en une modernisation du réseau amont par l'Etat et d'attente des reconversions à la parcelle sur l'initiative des agriculteurs sont jugée trop hasardeuse. Les reconversions collectives concerneront une superficie totale de 218 000 ha.

➤ Modernisations individuelles :

Correspond à la réalisation du projet de reconversion en IL par les agriculteurs eux-mêmes sur la base du principe du guichet ouvert, aussi bien en grand hydraulique qu'en irrigation privée. L'Etat aura alors pour rôle de réunir toutes les conditions requises pour permettre la réalisation par les agriculteurs de ces prévisions (guichets ouverts pour les aides financières, mise en œuvre des procédures, encadrement direct et indirect... etc.)

Les superficies prévues pour ce type de conversion sont estimées à 337 150 ha, 177 150 pour les périmètres de la grande hydraulique et 160 000 ha pour l'irrigation privée.

➤ Valorisation agricole :

La réussite d'un programme aussi ambitieux que celui du PNEEI dépend du degré de valorisation agricole. Celle-ci passe par :

- › Le choix des cultures ayant le meilleur potentiel de valorisation de l'eau d'irrigation compte tenu des spécificités régionales.
- › La promotion de ces cultures auprès des agriculteurs.
- › Des actions visant la commercialisation des produits. Selon les produits, les marchés visés peuvent être le marché local de la consommation, le marché international ou le débouché de la transformation.

➤ Renforcement de l'appui technique :

En termes de renforcement des capacités, le PNEEI s'intéressera aux groupes suivants :

- › Les agriculteurs et leurs associations.
- › Les organismes et institutions publics.
- › Le secteur privé chargé de la fabrication, de la fourniture et de l'installation du matériel.

#### **IV.4. Analyse multicritères de la reconversion :**

L'analyse multicritère consiste à faire une prévision sur les diagnostics techniques et hydrauliques nécessaires pour la reconversion du secteur favorable à celle-ci, qui s'inscrit dans le programme national d'économie d'eau d'irrigation.

- **le choix du secteur :**

L'approche et les hypothèses du choix du secteur apte à la reconversion au système localisé se basent sur une analyse multicritère.

- **La charge hydraulique :**

Le critère adopté en priorité est celui de la disponibilité d'une charge hydraulique capable de dominer le secteur à moindre coût. L'objectif est de voir la possibilité de reconversion des secteurs alimentés par un système gravitaire sans recours au pompage, il s'agit de chercher et situer la charge hydraulique suffisante pour assurer la pression nécessaire au fonctionnement du réseau d'irrigation localisée.

Les paramètres retenus, par l'ORMVAH en 2008, pour le choix de la charge hydraulique nécessaire à la reconversion sont :

- une charge nette minimale disponible en tête du bloc de 15m si le terrain est plat,
- des pertes de charge au niveau de la borne d'irrigation de l'ordre de 5m,
- une perte de charge au niveau du filtre individuel de 5m,
- des pertes de charge singulières au niveau de la conduite sous pression de 10% des pertes de charge linéaire ; celles-ci devraient être au maximum de 1,5m/Km de conduite.

D'après ces paramètres, la charge minimale requise à la tête des sous-secteurs est de 25m.c.e. L'estimation pour chaque sous-secteur du linéaire de conduite est nécessaire pour retrouver la charge suffisante pour le fonctionnement du réseau d'irrigation en système localisé. Le rapport entre ce linéaire et la superficie dominée, a permis de classer les secteurs les plus favorables de point de vue disponibilité de la charge hydraulique.

- **Homogénéité des secteurs vis-à-vis de la reconversion :**

Les différents secteurs ne sont pas homogènes en termes de reconversion intégrale, ainsi deux groupes ou classes ont été définies. (ORMVAH, 2008)

Le premier groupe (secteurs homogènes dont la reconversion par la gravité ou la dénivelée concerne la totalité du sous-secteur) concerne une superficie de 29443 ha répartie entre 13 sous-secteurs.

Le deuxième groupe concerne les autres secteurs, dont au moins une partie nécessite le recours au pompage pour la reconversion en système d'irrigation localisée.

➤ **Ancienneté du réseau :**

Selon ce critère il y a 4 types des secteurs :

- Secteurs dont les équipements sont âgés de plus de 30 ans ;
- Secteurs dont l'âge des équipements est compris entre 15 et 30 ans ;
- Secteurs dont l'ancienneté des équipements est comprise entre 10 et 15 ans ;
- Secteurs dont l'âge des équipements est inférieur à 10 ans.

L'ancienneté des équipements justifie leur renouvellement, c'est-à-dire que plus le réseau est récent plus le secteur est plus favorable à la reconversion.

➤ **Possibilité des ouvrages à assurer le débit fictif continu :**

Le débit fictif continu (Dfc) est le débit qu'il faudrait fournir à chaque hectare du périmètre s'il devrait être alimenté, sans interruption, 24 heures sur 24. Le Dfc est donné par l'expression suivante :

$$Dfc (l/s/ha) = 2,78 * B_{Bi} / 24 N_i$$

$N_i$  : nombre de jours du mois  $i$

$B_{Bi}$  : Besoins bruts pour le mois  $i$

#### **IV.5. les risques de programme :**

Les risques sont d'ordre naturel, institutionnel, technique, financier et commercial.

- Les risques naturels sont causés par les apports d'eau de plus en plus réduits aux barrages.
- Les risques institutionnels pourraient provenir du manque de coordination et de concertation entre les différentes institutions de l'Etat, ainsi que la faiblesse des associations représentant les agriculteurs et les irrigants (AUEA).
- Les risques financiers proviendraient des agriculteurs qui n'arriveraient pas à suivre le rythme des financements exigés par le passage à l'agriculture très intensive et moderne comme c'est le cas en irrigation localisée.
- Les risques techniques concerneraient l'extension des superficies irrigués et l'accroissement de la consommation globale de l'eau.
- Les risques commerciaux concernant la non disponibilité sur le marché des équipements adéquats et désirés d'irrigation avec propagation d'un mauvais matériel d'irrigation et le manque de débouchés pour les projections.

## Chapitre 2 : L'IRRIGATION AU MAROC

### I- Situation de l'irrigation au Maroc :

Les efforts consentis par l'Etat et par les agriculteurs depuis les années 1960 pour développer l'agriculture irriguée, ont permis d'atteindre le million d'hectares irrigués avant la fin du dernier siècle. La superficie irriguée actuellement est un peu plus de 1,45 millions d'ha répartie comme suit : 47% en grande hydraulique, 23% en petite et moyenne hydraulique et 30% en irrigation privée. Le Maroc dispose actuellement d'un important patrimoine hydro agricole et jouit d'une place importante à l'échelle internationale en matière de politique de gestion de l'eau notamment en agriculture.

Le développement de l'irrigation au Maroc se résume comme suit :

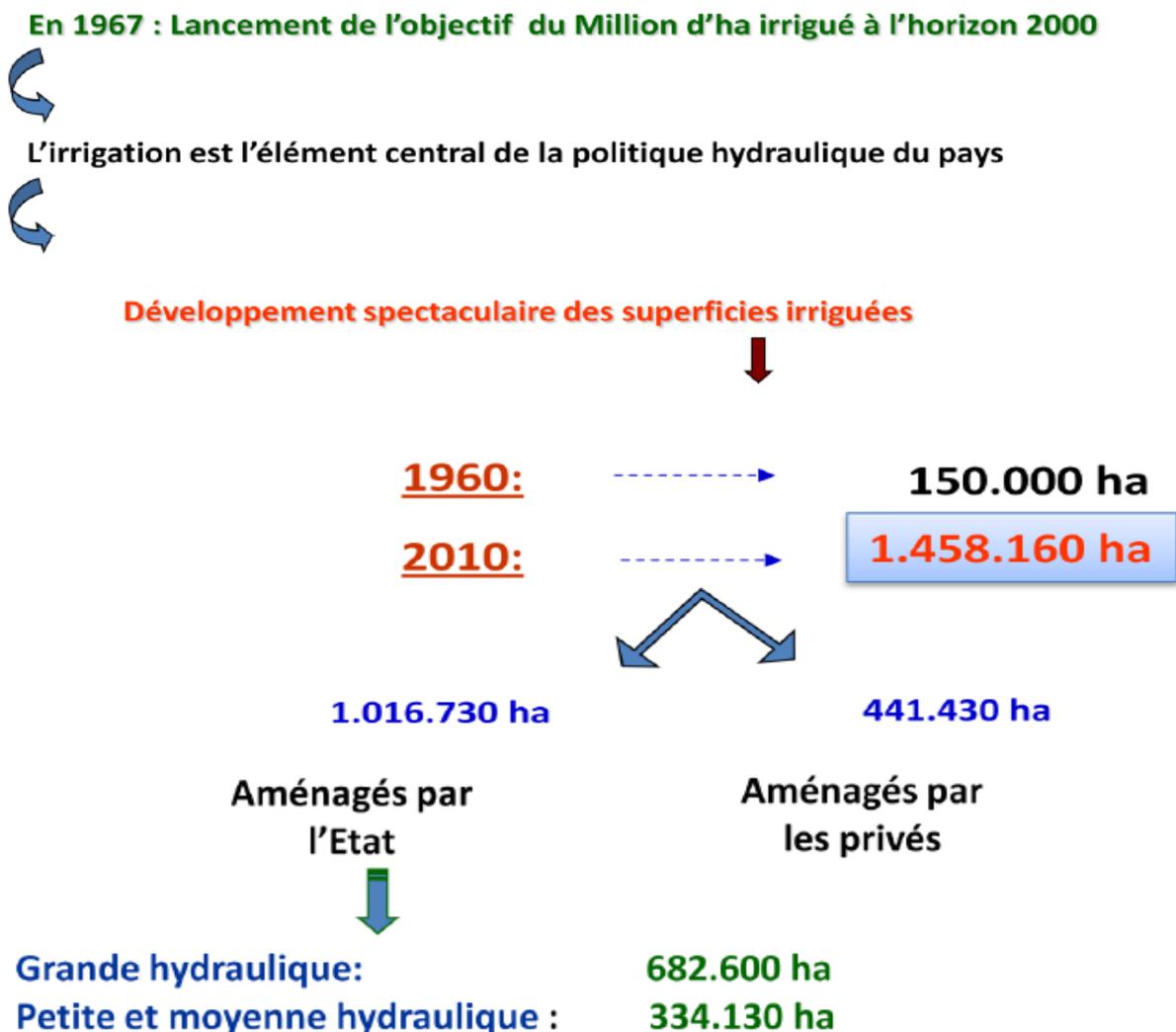


Figure 5: développement de l'irrigation au Maroc. (ANAFID 2011)

La situation actuelle de la répartition des superficies irriguées selon le mode d'irrigation :

Irrigation de surface	1.078.922 ha	74 %
Irrigation par aspersion	129.632 ha	9 %
Localisée	249.605ha	17%

Tableau 2 : La situation actuelle de la répartition des superficies irriguées (ORMVAH)

## **II- L'intervention de l'état dans les 3 types d'irrigation au Maroc :**

La politique d'intervention de l'Etat dans le secteur de l'agriculture irriguée se présente sous forme de trois types d'irrigation représentant 3 sous-secteurs:

- ⇒ La grande hydraulique
- ⇒ La petite et moyenne hydraulique
- ⇒ L'irrigation privée

### **II.1. La Grande Hydraulique (GH) :**

La grande hydraulique est caractérisée par des ouvrages de mobilisation des eaux importants (barrages canaux adducteurs, réseaux) qui permettent un contrôle de l'eau et imposent un aménagement et une gestion coordonnée des ressources sur de vastes ensembles-

Dans ce sous-secteur la stratégie de l'Etat est entièrement régulée par les dispositions du Code des Investissements Agricoles, et elle a été caractérisée par une politique d'intervention très poussée, tant sur le plan de l'aménagement, que sur le plan de la gestion et de la mise en valeur. Pour l'aménagement, la gestion et la mise en valeur de ces périmètres d'irrigation, l'Etat a créé 9 Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA).

Les ORMVA sont des établissements publics dotés de la personnalité civile et de l'autonomie financière et placés sous la tutelle du département de l'agriculture. Dans ces périmètres, dont la superficie aménagée s'élève à près 680 000 ha, les tarifs de l'eau d'irrigation sont fixés par l'Etat. Dans la plupart des périmètres de grande hydraulique, un grand nombre d'agriculteurs ont obtenu un accès complémentaire à l'eau souterraine, face à une pénurie d'eau de surface.

## **II.2 La petite et moyenne hydraulique (PMH) :**

La PMH comprend tous les périmètres irrigués de taille petite à moyenne répartis sur la totalité du territoire national, et alimentés par des ressources en eau plus ou moins régulières, allant des épandages des eaux de crues, jusqu'aux périmètres alimentés par des ressources en eau pérennes (source, dérivation d'oued, barrage,...). Dans ce sous-secteur la stratégie de l'Etat a été caractérisée par une politique d'intervention limitée à l'aménagement et la réhabilitation des équipements pouvant aller de l'aménagement intégré type Grande Hydraulique dans le cas des périmètres de PMH modernes, à un aménagement ponctuel ou diffus dans les périmètres traditionnels. Dans les périmètres de PMH, dont la superficie aménagée a atteint près de 334000 ha, la gestion du service de l'eau est confiée aux Associations des Usagers des Eaux Agricoles (AUEA), qui prennent en charge tous les frais d'exploitation d'entretien et de renouvellement des équipements du réseau d'irrigation. En réalité, et dans la plupart des cas, la gestion de l'eau reste assurée par les institutions coutumières, les AUEA restant non fonctionnelles.

## **II.3.L'irrigation privée (IP) :**

Il comprend tous les aménagements individuels pour l'irrigation réalisés à l'initiative privée des agriculteurs, pouvant aller d'un aménagement rudimentaire à partir d'un puits pour irriguer parfois moins d'un hectare à un aménagement moderne de grande taille de plusieurs centaines d'hectares. Dans ce sous-secteur, la politique de l'Etat est principalement caractérisée par la mise en place d'un système d'incitations financières et techniques pour encourager l'investissement privé. Les frais du service de l'eau sont entièrement pris en charge par les promoteurs des projets. Les superficies aménagées par des réseaux d'irrigation individuels par les soins de l'initiative privée à l'extérieur des périmètres d'irrigation collectifs sont estimées à plus de 400 000 ha irriguées en grande partie à partir des eaux souterraines.

## **III- Les différentes techniques d'irrigation :**

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories : L'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. Cette dernière est classée en deux types l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion. La figure ci-dessous présente une architecture de ces différentes méthodes d'irrigation pratiquées partout dans le monde (Azougah, 2001).

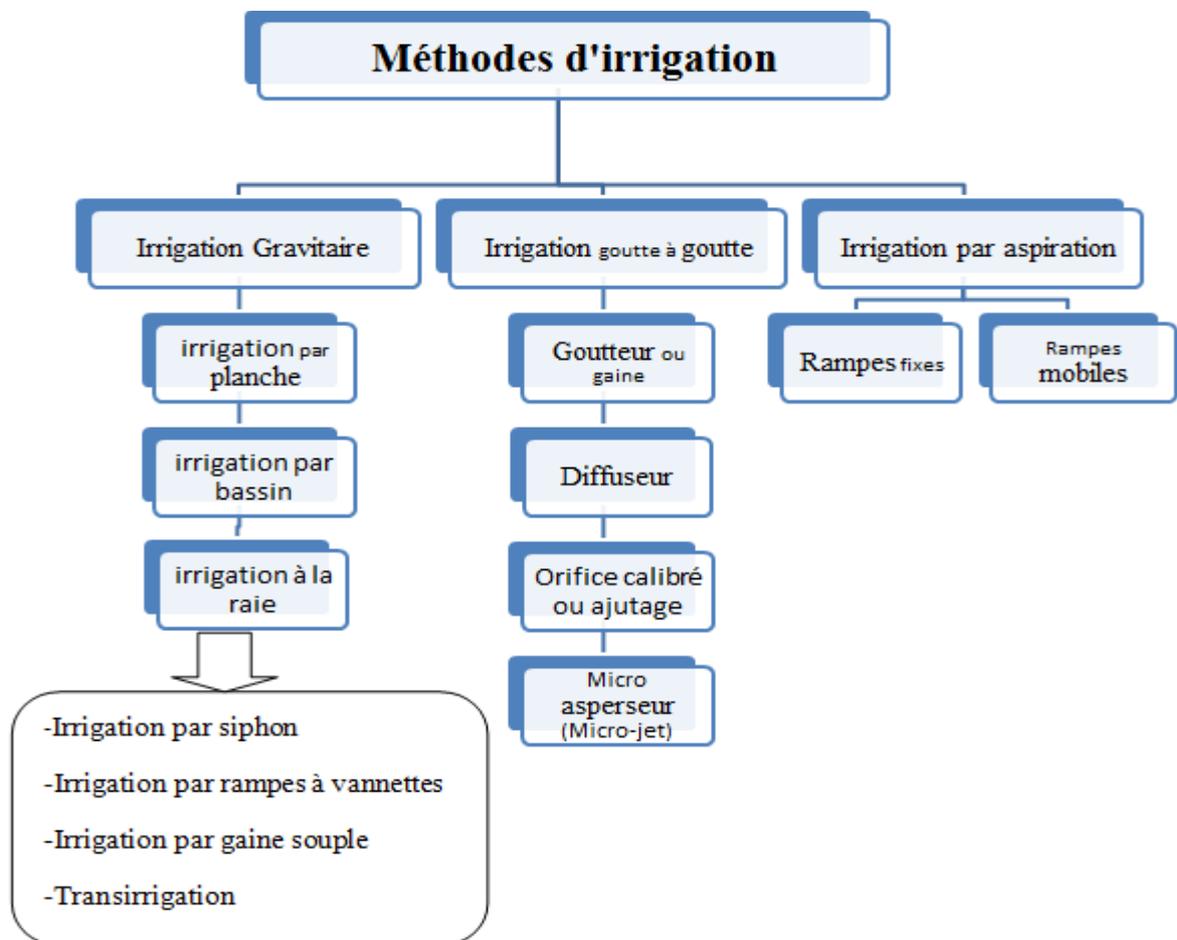


Figure 6: les différents systèmes d'irrigation.

### III.1. l'irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface consiste à répartir l'eau sur la parcelle cultivée par ruissellement sur le sol dans les sillons (irrigation à la raie) ou en nappe (irrigation par planche ou calant) ou encore par submersion contrôlée (irrigation par bassin). Elle reste le mode le plus répandu dans les périmètres irrigués dans le monde. Au Maroc, on estime que plus de 93% de la superficie de la grande hydraulique est irriguée par une technique traditionnelle appelée "Robta" qui représente environ 88% des superficies 13 irriguées (Azougagh, 2001). Cette technique trouve sa large utilisation dans le fait qu'elle est adaptée aux parcelles de mauvais état de nivellement.

- **Les types d'irrigation gravitaire :** Dans l'irrigation gravitaire il y a plusieurs types d'irrigation dont les trois suivants sont les plus connus : l'irrigation à la raie, l'irrigation par planche ainsi que l'irrigation par bassin (Azougagh, 2001) :

□ **L'irrigation par planche** (irrigation par ruissellement): consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la

longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables.

□ **L'irrigation par bassin** : est la plus connue dans l'irrigation gravitaire. Sa pratique sur un sol nivelé (pente 0,1 à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération, qui consiste à remplir le bassin, font que cette technique est fréquemment utilisée. Dans plusieurs régions du Maroc, la taille des bassins est de 40 à 50 m<sup>2</sup> et cette technique est connue sous le nom "Robta". Cette dernière occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements.

□ **L'irrigation à la raie** : ou par rigole convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2 et 3%. Les sillons sont séparés d'une distance variant entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et la culture. Suivant le débit dont on dispose, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau. D'une manière générale, l'irrigation est réalisée suivant un débit unique ou suivant une succession de deux débits différents, un premier débit important qui est appelé débit d'attaque et un deuxième débit plus faible qui est appelé débit d'entretien. L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation : par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple ou par transirrigation.

➤ **Irrigation par siphon** :

Ce type d'irrigation est d'un intérêt certain car il permet d'éviter la construction d'une "séguia" d'amenée, et donc tous les travaux liés à la distribution. Il permet également de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie. Par ailleurs, l'irrigation par siphon permet une bonne répartition de l'eau et présente un avantage du fait que l'investissement est faible.

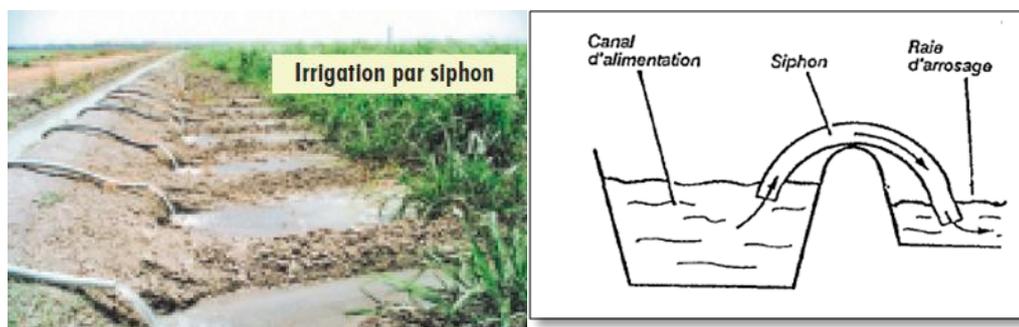


Figure 7: Schéma et photo de l'irrigation par siphon. (Azougghagh, 2001)

➤ **Irrigation par rampe à vannettes :**

Ce type de matériel correspond mieux aux cultures irriguées à la raie et qui nécessitent peu d'interventions sur la parcelle. L'avantage réside dans la possibilité de réglage du débit par des vannettes coulissantes; qui offrent des positions d'ouverture de 25, 50, 75 et 100%.

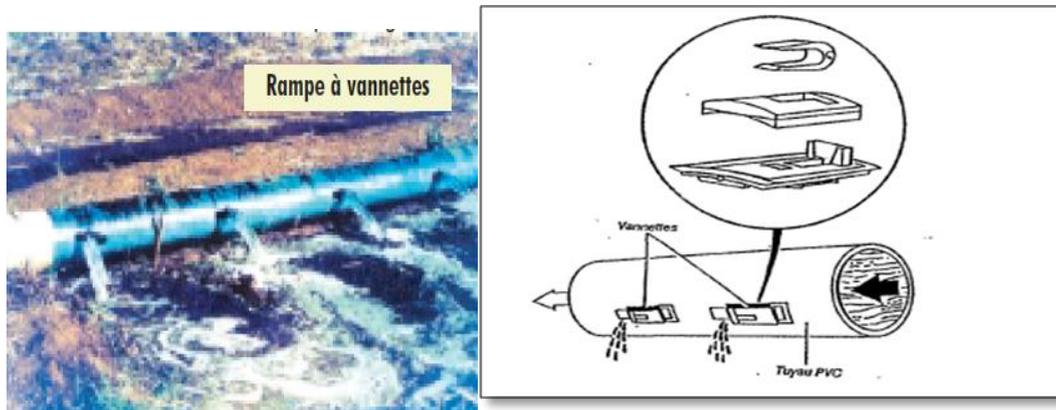


Figure 8 : Photo et schéma de rampe à vannettes (Azougghagh, 2001)

➤ **Irrigation par gaine souple :**

Ce type d'irrigation, ayant une charge de 0,4 à 1 m, convient pour un sol relativement plat. Les débits de dérivation sont de l'ordre de 2 l/s. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste.

Les gaines ne peuvent en aucun cas être utilisées pour élever l'eau et leur extrémité reste ouverte sous peine de destruction par une surpression. Les extrémités doivent donc être posées sur des objets d'une hauteur d'environ 1m.

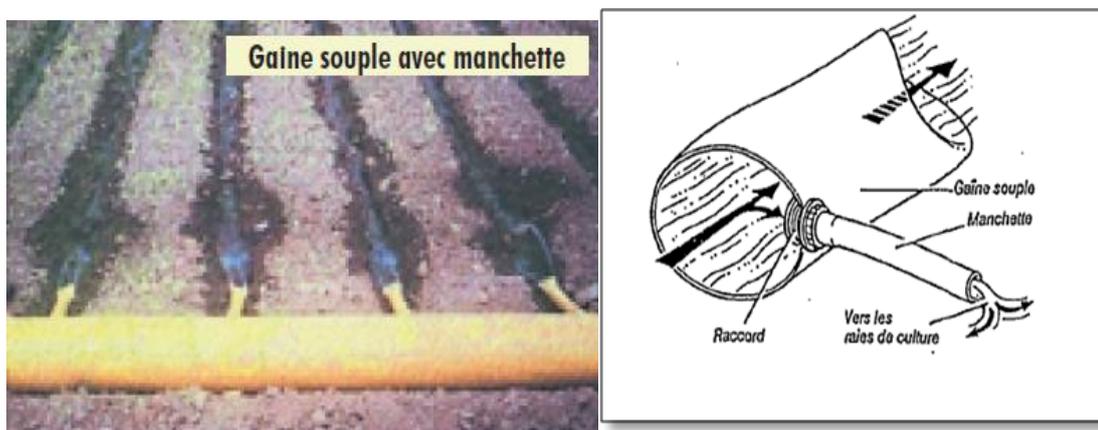


Figure 9: schéma et photo du gain souple. (Azougghagh, 2001)

### ➤ **Transirrigation :**

La transirrigation de surface ou souterraine convient parfaitement à l'irrigation de la raie. La parcelle à irriguer par ce type d'irrigation est relativement grande et peut atteindre 6 ha. Une conduite en PVC rigide de diamètre 250 mm et d'épaisseur 4,9 mm est installée suivant une inclinaison régulière variant entre 0,25 et 0,6 % sur laquelle sont percés des orifices bien alignés et formant un angle de 30° par rapport à la verticale. Le diamètre des orifices est fonction du débit. L'ensemble du système n'est pas sous pression mais la charge au niveau de chaque orifice est créée par le déplacement d'un piston placé à l'intérieur de la conduite.

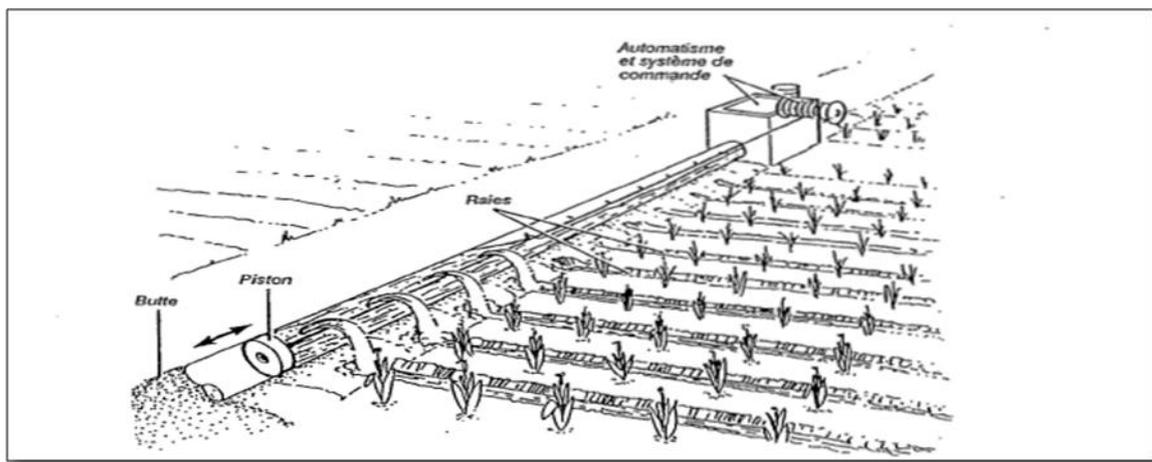


Figure 10: Schéma de la transirrigation

### **III.2. l'irrigation par aspersion :**

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle.

Il existe deux grandes catégories d'arrosage par aspersion en fonction du matériel utilisé :

- Les rampes mobiles.
- Les rampes fixes.

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression.



Figure 11 : l'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants:

- sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante;
- sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface;
- terrains à pente irrégulière avec microrelief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

### **III.3. l'irrigation par goutte à goutte :**

Système «basse pression» (0,5 à 2 bars), par le biais des goutteurs, l'irrigation goutte à goutte consiste à apporter régulièrement et de façon localisée au niveau des racines, la juste quantité d'eau dont la plante a besoin. Les plus utilisés sont les goutteurs intégrés, les boutons et de moins en les goutteurs en ligne. Ces trois types de goutteurs sont des organes de distribution, dont la conception particulière permet de délivrer l'eau à faible débit, dans des conditions de régime turbulent. Ces différents goutteurs existent sous une forme autorégulant présentant l'avantage de délivrer un débit homogène, même quand la pression varie à l'intérieur d'une gamme.

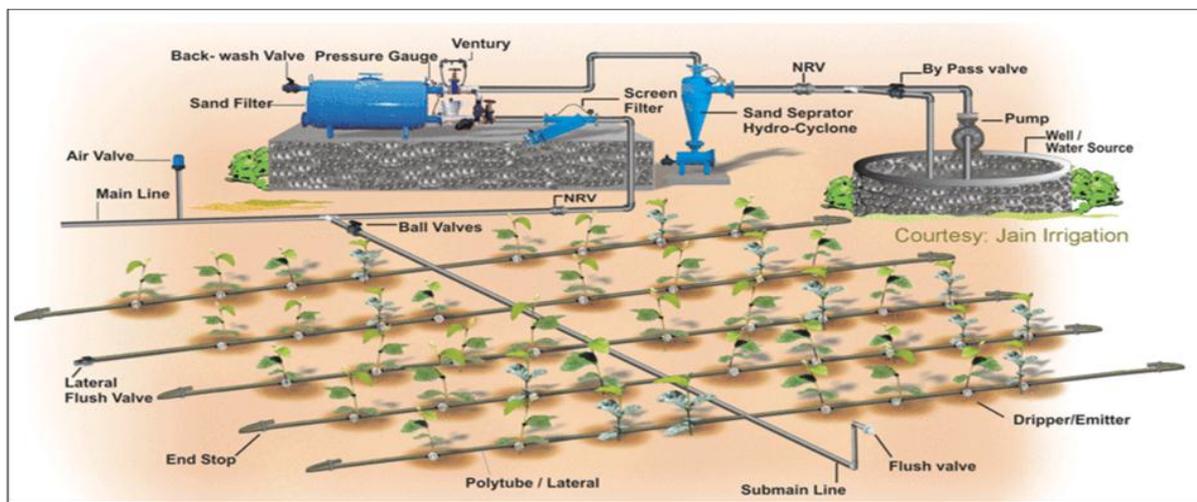


Figure 1: Schéma d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

Un système d'irrigation goutte à goutte comprend :

- Une pompe
- Un système de filtration
- Un indicateur de débit
- Un ou plusieurs régulateurs de pression
- Des tuyaux d'alimentation principale pour pouvoir rouler par-dessus
- Des tuyaux d'alimentation secondaires
- Des tuyaux perforés (ou des tuyaux avec goutteurs)
- Une unité d'injection pour la fertigation qui peut être ajoutée car des engrais utilisables en agriculture biologique pour la fertigation sont maintenant disponibles.
- Des raccords qui permettent de réparer une fuite.

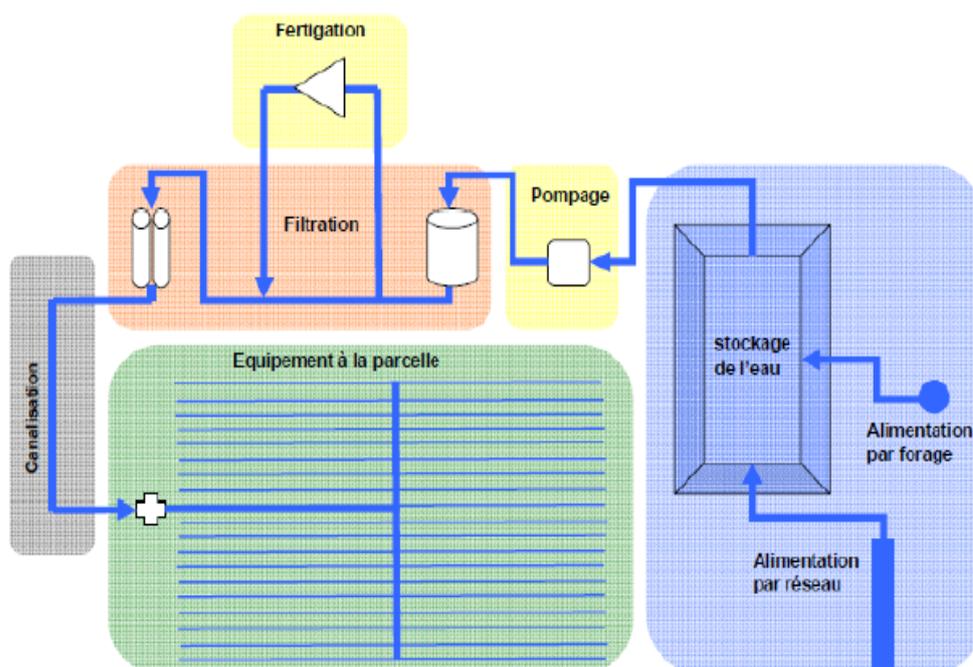


Figure 2 : Schéma générale d'un réseau d'irrigation localisée

➤ **Les types d'irrigation par goutte à goutte :**

Dans l'irrigation goutte à goutte, il y a 4 types : goutteur ou gaine, diffuseur, orifice calibré ou ajustage et micro asperseur.

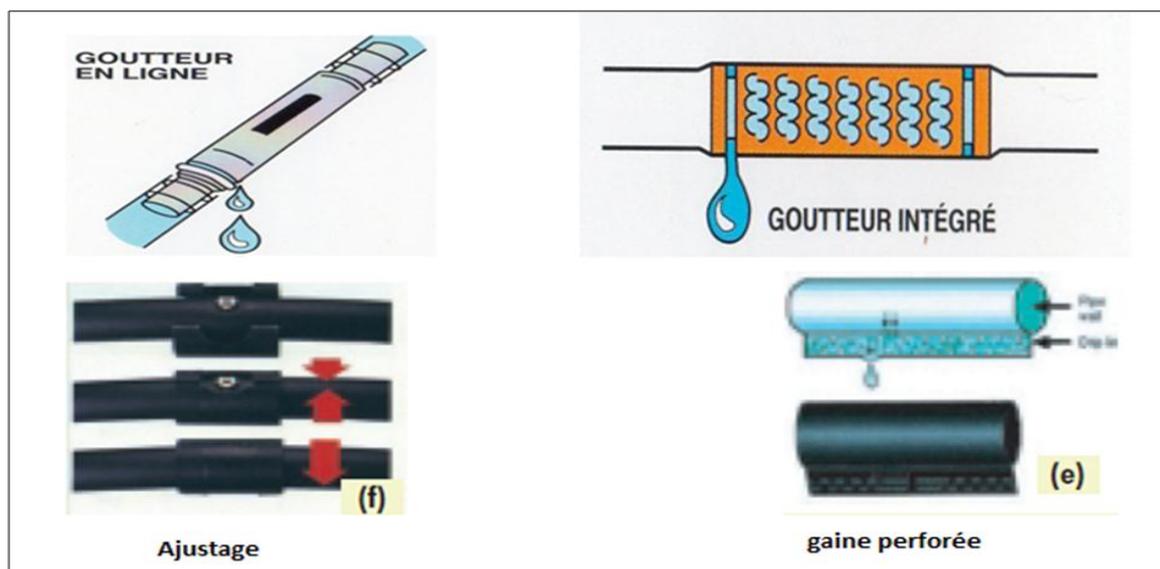


Figure 3: Les différents types d'irrigation par goutte à goutte.

#### IV- Bilan sur les impacts des systèmes d'irrigation :

➤ **Pour l'irrigation gravitaire :**

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
techniques anciennes, bien connues	temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance important
coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur	coûts importants en cas d'ouvrages d'art (aqueduc, galerie...)
pas d'apport énergétique extérieur	« pertes » d'eau importantes dans les canaux selon la nature du sol : nécessité d'étanché les lits des branches principales
alimentation des nappes phréatiques	lieu de points de distribution fixe, parcellaire relativement figé
augmentation de la biodiversité	estimation du volume réellement consommé difficile
	faible efficacité
	nécessite un terrain plat ou un nivellement
	pollution possible par déversement

Tableau 3 : Les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire.

➤ **Pour l'irrigation par aspersion :**

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Besoins en main-d'œuvre généralement faibles (mais très variables selon le degré d'automatisation)	Coûts d'investissement élevés
Absence de nivellement préalable. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépassé 10 %	Exigence un certain niveau de compétence de la part de l'irrigant permettant de garantir la maintenance des équipements
Bon rendement des réseaux de canalisation qui, avec une bonne efficacité d'arrosage à la parcelle, réduit les consommations en eau par rapport à l'irrigation de surface	Mauvaise adaptation aux sols « battants », susceptibles de tassement superficiel sous l'impact des gouttes d'eau
Automatisation très poussée permise par le réseau sous pression	Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées
Possibilité de mélanger, facilement, des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation	Dépense énergétique élevée, parfois prohibitive dans les pays où l'énergie est chère
Oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires Réductrices	Possibilités réduites pour l'arrosage avec des eaux résiduaires (formation d'aérosols)
Suppression des surfaces perdues en emprises de canaux et rigoles	Déplacement du matériel difficile dans les zones à cultures hautes (inconvenient supprimé dans le cas des systèmes automatisés)

Tableau 4 : Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion.

➤ **Pour l'irrigation à la goutte à goutte :**

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Efficacité du réseau supérieure à 90 %	Travail important et soigné de préparation du sol et de pose du matériel
Insensibilité au vent	Traitement préventif contre l'intrusion des racines à l'intérieur des goutteurs
Possibilité de mécanisation totale en cas de réseau enterré	Risque important de colmatage nécessitant un équipement performant de filtration, de régulation, ainsi qu'une soupape d'entrée et d'évacuation d'air en cas de réseau enterré
Possibilité d'apporter et de fractionner les engrais et traitements directement par le réseau d'irrigation	Nécessité d'une station de filtration
	Prise en compte limitée des pluies
	Gestion plus délicate des irrigations en cas de pénurie ou de coupures d'eau
	Remplacement du réseau tertiaire (goutteurs) lors de la replantation lorsque celui-ci est enterré

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de l'irrigation en goutte à goutte

## V- Procédés de filtration utilisés dans le traitement de la turbidité des eaux :

### V.1. Intégration du matériel de filtration au réseau d'irrigation :

La station de filtration permet d'arrêter les particules en suspension dans l'eau (sables, limons, argiles, algues, bactéries, etc. ...) pour éviter tout colmatage des goutteurs.

Cette station est toujours composée d'au moins deux filtres : le filtre principal et le filtre de sécurité. Elle est dimensionnée en fonction du débit disponible.

### V.2. Les différents types de filtres :

- **Les hydro cyclones** : L'hydro cyclone est un système de filtration permettant d'éliminer par centrifugation le sable en suspension dans l'eau. Ce système est recommandé pour les forages qui sortent beaucoup de sable.

Chaque hydro cyclone est dimensionné pour un débit minimum et un débit maximum. Si le débit est trop faible, la force centrifuge est insuffisante pour sédimenter le sable. Si le débit est trop fort, le sable est entraîné au travers de l'hydro cyclone par effet de turbulence.

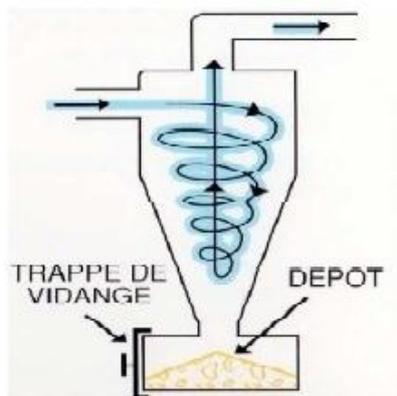


Figure 4 : schéma et photo d'un hydro cyclone.

- **Les filtres à disques** : l'élément filtrant est constitué d'un empilement de disques striés formant un cylindre, enfermé dans une cuve étanche en métal ou en plastique.

La circulation se fait de l'extérieur vers l'intérieur, le nettoyage s'effectue en désolidarisant les disques.

La filtration s'opère par le passage de l'eau entre des disques plastiques rainurés serrés les uns contre les autres. Cela se passe donc sur une épaisseur beaucoup plus grande que celle d'un simple tamis.



Figure 5: schéma et photo du filtre à disques

- Les filtres à sable : il s'agit de cuves métalliques étanches partiellement remplies des sables calibrés. La circulation d'eau se faisant du haut vers le bas, les particules de taille supérieure à 110 microns sont arrêtées par le sable et encrassent le filtre peu à peu. Un contre-lavage, déclenché manuellement ou grâce à un automate, permet en inversant le sens de circulation de l'eau, d'évacuer les saletés et de nettoyer le filtre.



Figure 6: schéma et photo des filtres à sable

- Les filtres à tamis : un cylindre constitué d'une toile filtrante en matière plastique ou en acier inoxydable est enfermé dans une cuve étanche. L'eau est filtrée en circulant de l'intérieur vers l'extérieur du cylindre. Comme pour le filtre à sable, l'automatisation du contre-lavage est réalisable par le réglage d'une horloge et/ou grâce à un appareil (presso stat différentiel). Ce

dernier déclenche le lavage dès qu'est détectée une différence programmée des pressions mesurées avant et après le filtre.

Concernant les filtres à tamis et à disques, les mailles de filtration les plus courantes sont 100 microns et 130 microns. Pour des goutteurs à bas débit (moins de 2 l/h), il est préférable d'utiliser une filtration plus fine.



Figure 7: Schéma et photo des filtres à tamis

## Chapitre 3 : Le périmètre irrigué de Tassaout amont et secteur d'Oulad Gaïd :

### I- Découpage de sous-secteur d'irrigation de la Tassaout amont :

Le secteur Tassaout amont qui présente une superficie équipée de 28925ha est découpé en 9 sous-secteurs hydrauliques ou d'irrigation, parmi eux notre secteur d'étude Oulad Gaïd, qui a une superficie équipée de 3888 ha par un système d'irrigation « gravitaire remembered » et qui est mis en service depuis 1977.

Secteurs	Sous-secteurs	Superficie équipée (ha)	Type d'aménagement	Date de mise en service
<b>Tassaout amont</b>	SAHRIJ	6639	<b>Gravitaire remembered</b>	1970
	ATTAOUIA	3528		1973-1977
	JOUALA	1314		1972
	FREITA	3211		1972-1977
	<u>OULED GAID</u>	<u>3888</u>		<u>1977</u>
	BOUIDA	4490		1973
	OULED SAID	2906		1975
	SKHIRAT	526		1975
	TAOURIRT	2423		1976
	<b>TOTAL</b>	<b>28925</b>		

Tableau 6 : Découpage des Sous-secteurs de Tassaout amont par superficie équipée en ha (ORMVAH, 2008)

## II-Présentation de la zone d'étude :

### II.1. Situation géographique :

Le secteur d'étude Oulad Gaïd est un secteur en situation de projet de conversion de système d'irrigation, faisant partie de la zone irriguée du périmètre de Tassaout amont. Ledit périmètre se situe à environ 70Km de la ville de Marrakech. Il s'étend sur une zone délimitée au nord par les Jbilet, au sud par le Haut Atlas, à l'est par l'Oued Lakhdar et à l'ouest par le bassin d'oued Tensift. (Figure 23)

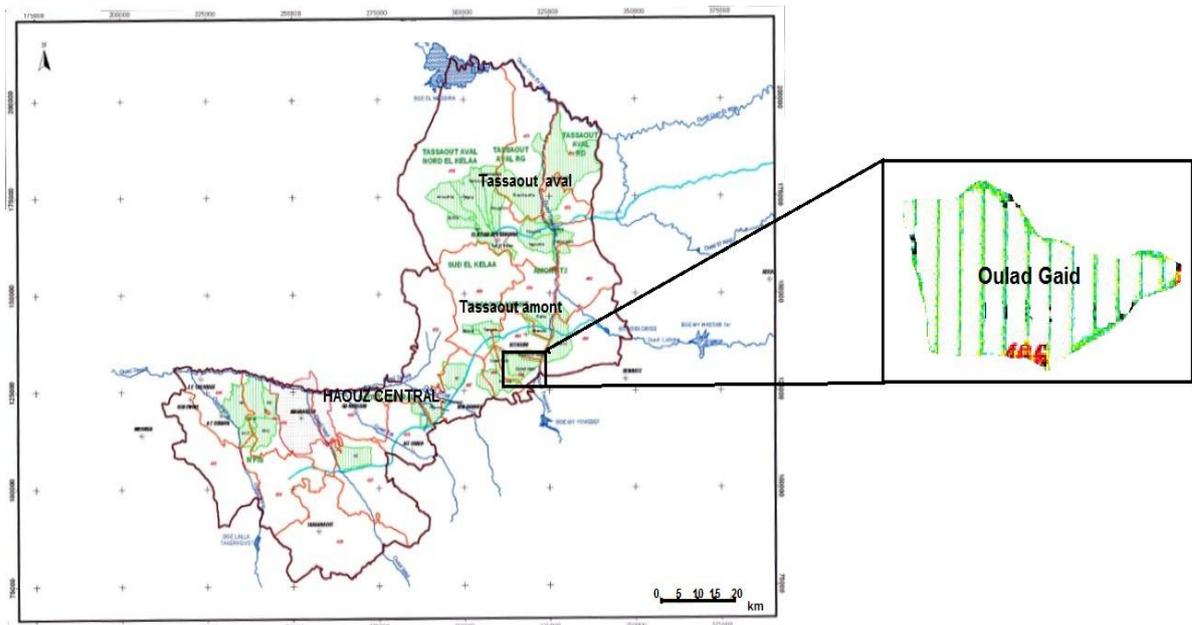


Figure 8: Carte de la localisation d'Oulad Gaïd par rapport au Tassaout amont(ORMVAH).

La Tassaout amont bénéficie d'un volume d'eau annuel de 250 millions de m<sup>3</sup>, prélevé gravitairement à partir de l'Oued Tassaout. Ce volume est régularisé par le barrage Moulay Youssef.

### II.2. Le climat :

Le climat du secteur Tassaout amont est de type continental, classée à la limite du semi-aride et de l'aride.

#### ➤ La précipitation :

Les données météorologiques adoptées sont celles de la station Sidi Rahal qui se situe à une distance d'environ 25km du périmètre, ces données concernent la période d'observation de 1968 à 2004

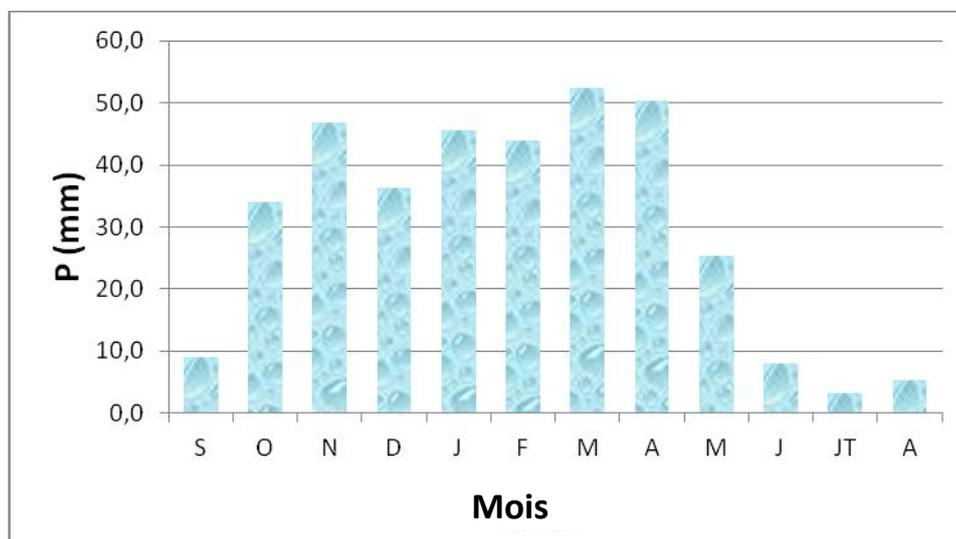


Figure 20: Précipitation moyennes mensuelles (mm) à la station de Sidi Rahal. (ABHT, 2006)

La variation mensuelle des précipitations à la station de Sidi Rahal présente un maximum aux mois de mars (49,8mm), d'avril (49,2mm) et de novembre (43,6mm).

On a deux périodes pluviométriques

- La 1 ère période présente une saison humide qui dure pendant 7 mois du mois octobre au mois avril. Avec une moyenne des précipitations mensuelles de 44,2 mm.
- La 2eme période est beaucoup plus sèche avec une moyenne de précipitations 10.2 mm pour les mois de mai à septembre.

L'histogramme présent une série monomodale avec un maximum de 50,3mm dans le mois de mars.

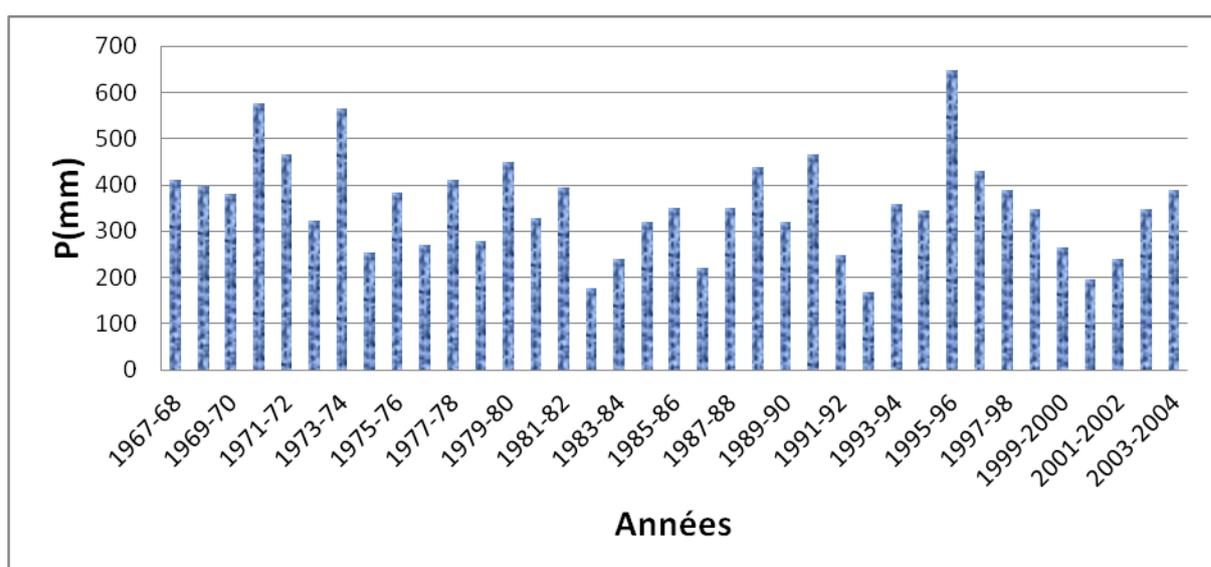


Figure 9: précipitations annuelles à la station de Sidi Rahal de 1968 à 2004(ABHT, 2006)

La figure présente les variations des précipitations de l'année 1968 à 2004. On constate une répartition annuelle irrégulière des précipitations, on a des années sèches (exemple : 91-92) et des autres années humides (exemple : 95-96). Les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 355,4 mm, l'écart type est de 108,4 et le coefficient de variation égal à 33%.

➤ La température :

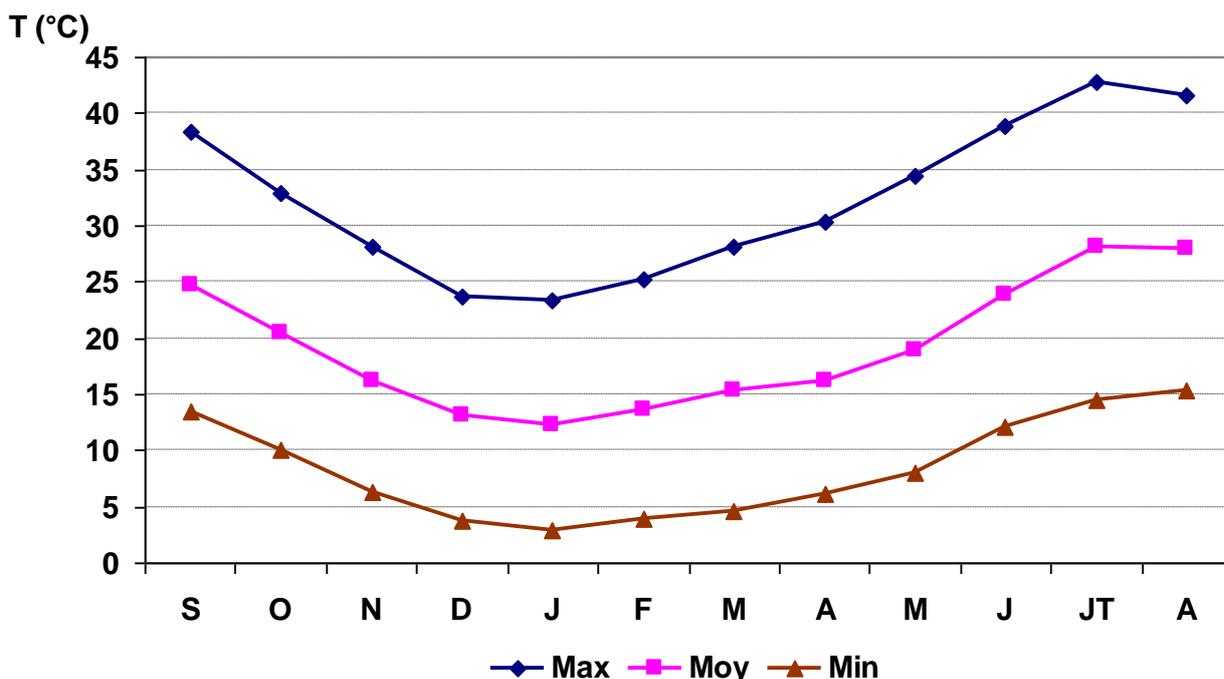


Figure 22: Variation mensuelle des températures à la station du Sidi Rahal de 1969 à 2004.

Sur le plan thermique, les températures estivales sont assez élevées avec une moyenne de 26,6° C pendant les mois de juin, juillet et août, et celles de la saison hivernale sont assez basses (13 °C en moyenne pour les mois de décembre, janvier et février). Les amplitudes thermiques sont très élevées : La moyenne des minima du mois le plus frais est de 2,9 °C en janvier et la moyenne des maxima du mois le plus chaud est de 42,8 en juillet. Les écarts thermiques journaliers sont également importants. Ceci illustre un climat à tendance continentale.

## II.3. Ressources en eau :

### II.3.1. Ressources en eau superficielles (Hydrologie) :

Notre secteur, alimenté par Le bassin versant de l'oued Tassaout, au droit du barrage Moulay Youssef, a une superficie de 1441 Km<sup>2</sup>. L'ouvrage de stockage sur l'oued Tassaout est le barrage Moulay Youssef. Cette digue en enrochement atteint 100 m de haut ; la retenue, d'un volume régularisé de 240 Mm<sup>3</sup> /an, permet la mise en valeur de 30000 ha de terres et fournit 60 Gwh/an pour les villes de Marrakech et d'Ouarzazate. Le barrage a été mis en eau en 1970.

Le barrage Timinoutine, situé à 2 Km en aval de Moulay Youssef, permet une compensation inter – mensuelle des lâchers de l'usine hydroélectrique pour limiter les débits aux besoins agricoles. Les travaux de ce barrage ont été achevés à la fin de 1979.

Ces ressources en eau de surface accusent une variation progressive au cours de l'année selon les apports annuels du barrage d'alimentation.

Les apports au niveau du barrage My Youssef Timinoutine se présentent comme suit :

Barrage	Superficie BV (km <sup>2</sup> )	Apports 1941-2006	Apports 1980-2006	diminution%
Barrage My Youssef Timinoutine	1441	268	205	23

Tableau 7: Les apports annuels du barrage d'alimentation (ORMVAH, 2008)

Les apports naturels annuels ont connues une diminution sur le bassin versant du barrage My Youssef. Elle est d'ailleurs généralisée sur tout le bassin d'Oum Er Rbia, suite à la diminution des précipitations pluviométriques. En effet la comparaison entre les apports des précipitations sur tout le bassin d'Oum Er Rbia entre 1940-2006 et celle de 1980-2006 montre elle aussi une diminution de 23%.

### II.3.2. Ressources en eau souterraines (Hydrogéologie):

Le secteur est situé sur la nappe du Haouz, qui s'étend entre le piémont du Haut – Atlas au sud et les collines des Jbilet au Nord. Elle est limitée à l'est par le piémont du Moyen Atlas, au débouché des oueds Lakhdar et Tassaout. Comme l'illustre la carte ci-dessous, le secteur de Tassaout amont se situe au nord de la nappe du Haouz.

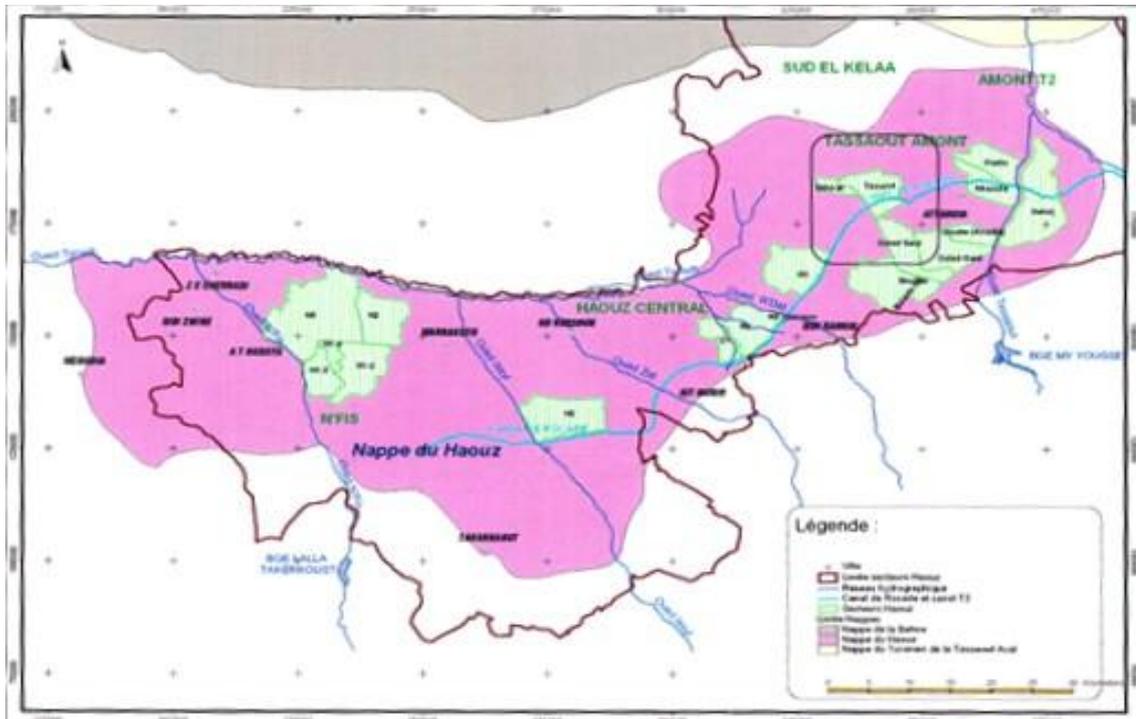


Figure 23: carte de la nappe Haouz qui alimente le Tassaout amont (ORMVAH ,2010)

#### II.4. Occupation du sol :

L'occupation du sol en situation actuelle au niveau des sous-secteurs de la Tassaout amont, telle qu'elle ressort des enquêtes auprès des CMV, est présentée dans la figure à – dessous :

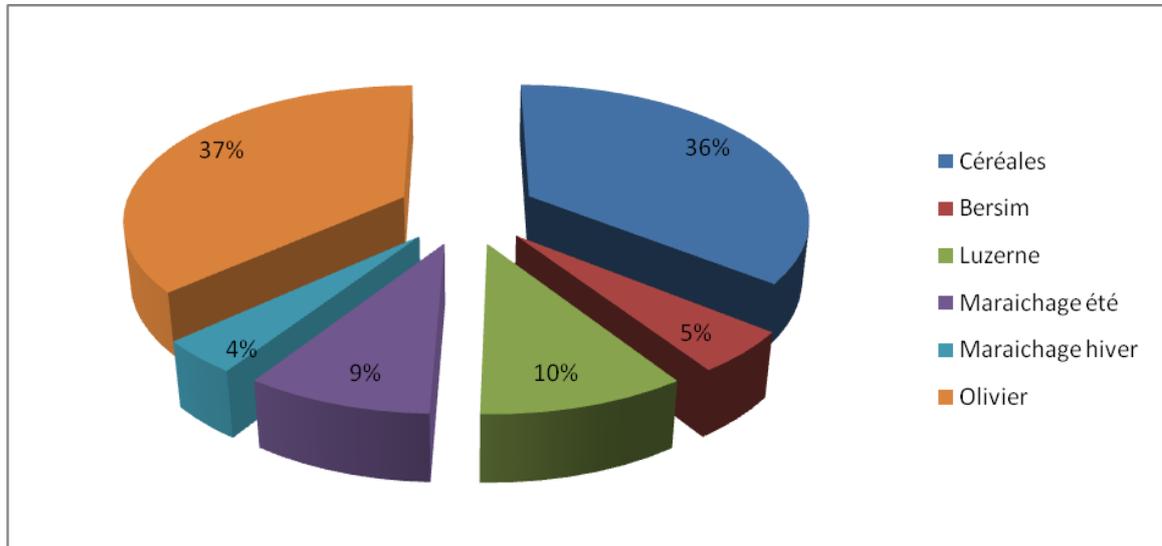


Figure 10: Occupation des plantations dans la région du Tassaout amont

D'après cette figure, on constate que la pratique de la culture d'olivier connaît une importance dans ces secteurs, c'est ainsi qu'il occupe 37% de l'occupation totale, suivie par les céréales 36%.

### III-Situation actuelle de l'irrigation du Tassaout amont secteur Oulad Gaïd :

#### III.1.Présentation du système d'alimentation et d'adduction du périmètre de la Tassaout amont :

Les eaux alimentant la Tassaout amont sont régularisées par barrage Moulay Youssef et du barrage de compensation de Timinoutine sur la Tassaout. Les eaux sont lâchées de ce barrage à la demande et transitent dans le lit mineur de la Tassaout jusqu' au seuil d'Agadir Bou Achiba qui est composé d'une vanne Avio et 5 module à masque qui laisse passer un total de débit de  $17\text{m}^3/\text{s}$ . Les eaux dérivées par ce seuil transitent par une galerie de 4,25 km, qui débouche à son aval, dans un canal principal trapézoïdale à ciel ouvert, amenant l'eau jusqu'au point de distribution « point K ». Celui-ci est constitué d'un bassin hexagonale équipé d'une vanne Amil qui alimente le canal principal Est qui véhicule un débit de  $11\text{ m}^3/\text{s}$  et d'une batterie de modules à masques qui alimente le canal principal Ouest qui transporte un débit de  $8\text{ m}^3/\text{s}$ .

Ouvrage	Débit d'équipement (m3/s)	longueur (km)
Galerie	17	4,25
Canaux primaires		
Ouest	8	22,2
Est	11	8,3
Oulad Gaïd	2	7
Rive gauche	4	9
rive droite	4,5	11,9
Canaux secondaires	-	170
Canaux tertiaires	-	720

Tableau 8 : Caractéristiques du réseau d'irrigation de la Tassaout amont

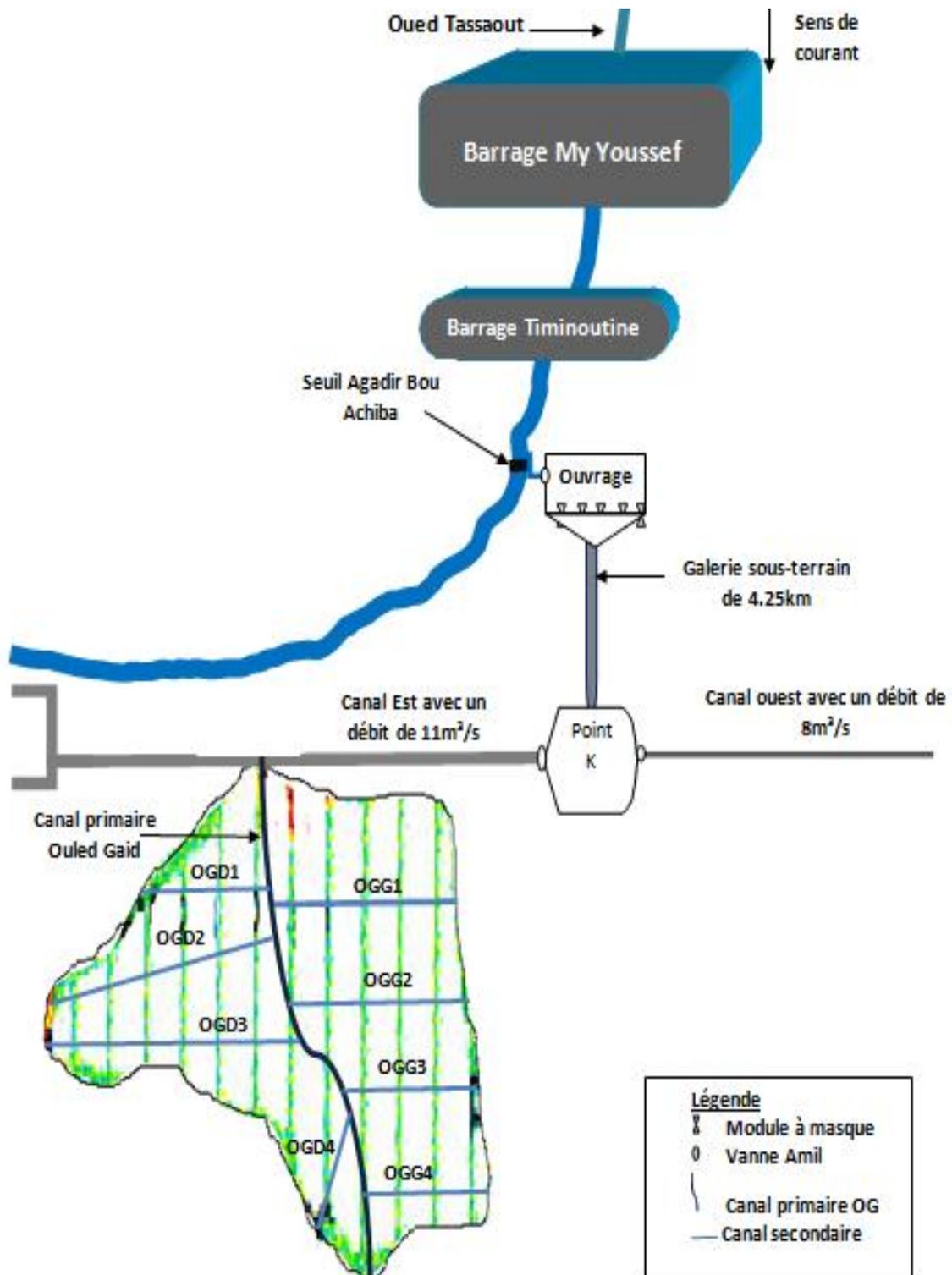


Figure 11: schéma simplifié des aménagements hydrauliques du secteur Oulad Gaïd.

### **III.2. Présentation du système d'alimentation de secteur d'Oulad Gaïd :**

Le canal principal Est alimente en premier lieu le canal Oulad Gaïd qui est desservi par les canaux secondaire suivants :

\*OGG1, OGG2, OGG3 et OGG4 sur la rive gauche du canal primaire.

\*OGD1, OGD2, OGD3 et OGD4 sur la rive droite du canal primaire d'Oulad Gaïd.

Ces canaux secondaires irriguent la superficie équipée de 3888 ha d'Oulad Gaïd.

La gestion de la ressource en aval de celle-ci devant être théoriquement à la charge des irrigants. Cet aménagement devrait se substituer au réseau traditionnel de seguias et devrait permettre la pratique de l'irrigation sous pression (aspersion ou localisée) qui n'est réellement présente, dans le cas du d'Oulad Gaïd, que sur environ 10% de la superficie. En effet, la majorité des agriculteurs acheminent l'eau des bornes à leurs parcelles dans les mesrefs du réseau traditionnel.

Le parcellaire est un parcellaire traditionnel, non remembré.

### **III.3. Dotation du secteur en eau d'irrigation :**

La dotation est la quantité d'eau d'irrigation fixée par ha ( $m^3/ha$ ), elle est subdivisée en deux types : dotation brute et dotation réelle.

#### **III.3.1. Dotation brute :**

C'est le volume d'eau amenée au secteur. Pour le secteur Oulad Gaïd cette dotation sera accordée à partir des volumes régularisés au niveau du barrage Moulay Youssef via le canal Est Oulad Gaïd, ce volume est de l'ordre de 180Mm<sup>3</sup> pour cette année.

#### **III.3.2. Dotation réelle :**

La dotation réelle est la quantité d'eau d'irrigation fixée en m<sup>3</sup> par ha. Cette dotation est régularisée par l'ORMVAH, elles seront examinées sur la base de l'historique de fourniture en eau des secteurs au cours des années 1996 à 2007 dans le secteur Tassaout amont.

Année	Lâchers de barrage My Youssef (Mm <sup>3</sup> )	Fourniture de Tassaout amont (Mm <sup>3</sup> )
96-97	290,16	128
97-98	246,81	146
98-99	149,09	95,7
99-00	158,66	100,3
00-01	98,48	57,8
2001-2002	71,78	39,6
2002-2003	97,58	49,4
2003-2004	211,52	97,4
2004-2005	175,24	113,6
2005-2006	132,77	83,9
2006-2007	148,88	89,6

Tableau 9 : Tableau de fourniture en eau de la Tassaout amont au cours d'une dizaine d'années.  
(ORMVAH)

La fourniture de Tassaout amont dans ces dix dernières années est de plus de 50 % des lâchers de barrage My Youssef.

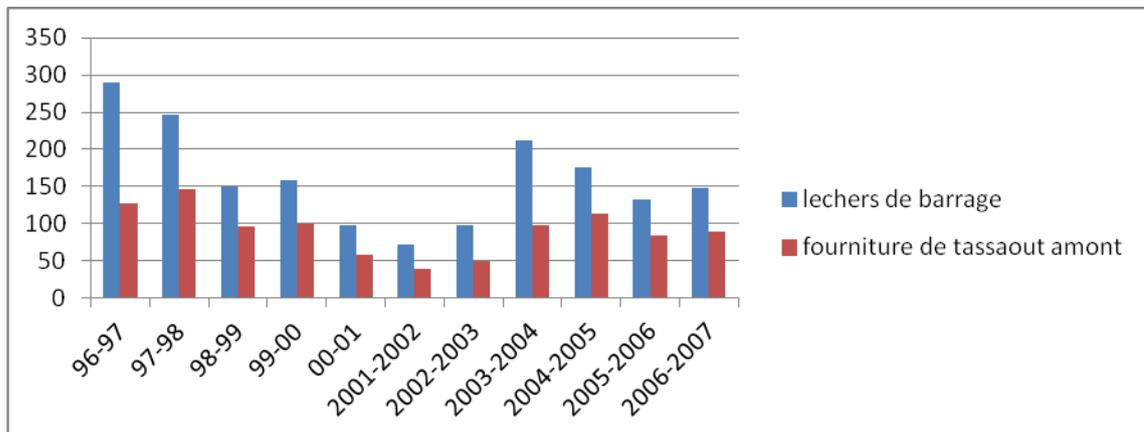


Figure 12: Histogramme de fourniture en eau de la Tassaout amont au cours d'une dizaine d'années.

La fourniture moyenne par rapport à la superficie irriguée de Tassaout Amont (30000ha), est de 3000 m<sup>3</sup>/ha

### III.4. Diagnostic hydraulique :

L'objectif est de voir la possibilité de reconversion du secteur alimenté par un système gravitaire sans recours au pompage. Il s'agit de chercher et situer la charge hydraulique suffisante pour assurer la pression nécessaire au fonctionnement du réseau d'irrigation localisé dans le secteur à moindre coût. En cherchant des conditions topographiques de dénivelé en moins de 20 m pour fournir la pression de 2 bars favorable pour l'irrigation GAG.

Le choix de la charge hydraulique nécessaire à la reconversion consiste en plusieurs paramètres.

secondaire	Cote départ	Cote mise en charge	Situation nouvelle prise	Cote nouvelle prise	Longueur conduite (km)	Pdc conduite (m)	Charge disponible en tête secondaire
OGD1	717	742	Point K	720	1.83	2.75	0.25
OGG1	700	725	Point K	720	3.1	4.65	15.35
OGD2	700	725	Point K	720	3.1	4.65	15.35
OGG2	680	705	Prise d'OG	717	2.99	4.49	32.52
OGD3	680	705	Prise d'OG	717	2.99	4.49	32.52
OGG3	660	685	OGG1	700	4.74	7.11	32.89
OGD4	670	695	OGD2	700	3.61	5.42	24.59
OGG4	650	675	OGG2	680	4	6.00	24.00

Tableau 9 : Situation et charge disponible pour reconversion du secteur Oulad Gaïd.

Il s'avère que les parcelles irriguées par les canaux secondaire OGD1, OGG1, OGD2 dont les points de départ sont situés à des altitudes supérieures à 700 m ne peuvent être dominées gravitairement avec la charge hydraulique par le point d'alimentation le plus haut «point k ». Le seul moyen pour la reconversion des unités hydrauliques dominées par ses canaux secondaire reste le pompage et la mise en pression du réseau qui engendre des coûts d'énergies.

Les canaux OGG2 et OGD3, qui partent de la cote 680 m peuvent être dominés gravitairement avec une charge nette de 32.52 à partir de canal primaire Oulad Gaïd sur le canal principal Est situé à 3 km.

Les canaux OGG3 dont la cote de 660 m peut être alimenté par une charge nette de 32.89 à travers une conduite de 4.74 km.

De la même façon, les prises qui alimentent les secondaires OGD4 et OGG4, ont la cote inférieure à 670 m et une charge nette de 24.5 à partir du canal OGG2, OGD2.

Oulad Gaïd a une superficie nette irriguée de 3880 ha découpée en deux unités distinctes :

\* La première d'une superficie de 1950 ha est alimentée par les secondaires OGG1, OGD1, OGD2 et dont la reconversion passe obligatoirement par le pompage parce qu'il n'y a pas une grande pente qui permet la pression pour la reconversion.

\* La deuxième unité de 1938 ha et dont la reconversion nécessite dans le cas le plus défavorable un linéaire de 4.74 Km de conduite soit 2.45 ml/ha.

La reconversion de la deuxième unité située en aval du secteur va engendrer une perturbation au niveau de la gestion des irrigations si la totalité du secteur n'est pas reconvertie en système. Cette situation va nécessiter la réalisation d'un bassin de stockage pour la partie aval.

# Chapitre 4 : Etude de la faisabilité de la reconversion a l'irrigation localisé au secteur Oulad Gaïd

---

## I- Projet futur de la reconversion de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée dans le secteur Oulad Gaïd :

### I.1. Choix du secteur d'Oulad Gaïd :

D'après les analyses multicritères on peut connaitre l'adaptation du secteur à la reconversion. L'ORMVAH applique cette analyse sur le secteur d'Oulad Gaïd pour avoir quelle classe occupe-t-il, dimensionné une série de six classe de la meilleure (1) a la moins bonne (6) :

#### **La charge hydraulique**

Le secteur Oulad Gaïd fait partie de la 2<sup>ème</sup> classe, qui correspondent aux secteurs, dont la mise en charge est assurée par la dénivelée du terrain naturel et dont le linéaire de conduite nécessaire pour retrouver la charge est nul.

#### **Homogénéité des Secteurs**

Cette charge naturelle concerne une grande partie du secteur puisqu'il a un classement avancé (2<sup>ème</sup> classe). Ce qui le rend homogène vis-à-vis de la reconversion.

#### **Ancienneté du réseau**

Le secteur Oulad Gaïd a été mis en services depuis 1977, il appartient aux anciens secteurs dont l'âge des équipements est plus de 30 ans. Ce qui lui donne la première classe.

#### **Possibilité des ouvrages à assurer le débit fictif continu**

Le secteur Oulad Gaud appartient aux secteurs de la 5<sup>ème</sup> classe qui sont alimentés par les prises sur le canal Est principale.

Les résultats retenus par l'ORMVAH, d'après l'analyse, signifient que ce secteur est favorable voire prioritaire pour la reconversion.

## I.2. Expérimentation de l'irrigation localisée :

Cette expérimentation a été faite pour évaluer et montrer aux agriculteurs les biens faits de l'irrigation localisée sur l'économie de l'eau et sur l'amélioration des rendements agricoles. L'expérience a donné une bonne économie en eau et un bon rendement répartis comme suit :

### I.2.1.Niveaux de production :

Les niveaux de productions ressortent des données fournies par les CMV par le biais des questionnaires. Les rendements des principales cultures sont récapitulés au niveau d'irrigation actuelle dans le tableau suivant : (en qx par h)

Cultures irriguée	Céréales	C Fourragères	Maraîchage	Plantation
Oulad Gaïd	59	1048	604	51

Tableau 10 : rendements des principales cultures irriguées dans le secteur d'Oulad Gaïd en (qx/ha).

Sur le périmètre d'Oulad Gaïd les rendements restent peu élevés en raison du manque d'eau lié en partie aux efficacités faibles dues à la desserte souvent vétuste. Les rendements de l'olivier sont faibles sur notre secteur ce qui a un impact sur la valorisation de l'eau, comme les valeurs l'ont montré.

### I.2.2.Estimation de besoins en eau :

Pour notre cas d'étude, le changement des besoins en eau des cultures entre la situation actuelle et celle projetée, est du à deux facteurs :

- Changement d'assolement.
- Reconversion du mode d'irrigation gravitaire en mode d'irrigation localisée.

Cultures	Besoins en eau actuels en mode d'irrigation gravitaire	Besoin en eau de l'assolement futur avec l'irrigation localisée
Céréales	6856	2662
Bersim	1276	826
Luzerne	9652	3126
Maraîchage été	4358	2819
Maraîchage hiver	556	1036
Olivier	20164	13774
Mais fourrager printemps	-----	702
Mais fourrager été	-----	713
TOTAL	42861	25657

Tableau 11 : Evolution des besoins bruts en milliers de m<sup>3</sup>(ORMVAH2010)

### I.1.3.Bilan des ressources –besoins :

	Situation actuelle d'irrigation gravitaire	Situation futur d'irrigation localisée
Ressource en eau en millier de m <sup>3</sup>	24754	23940
Besoin bruts en eau des cultures en milliers m <sup>3</sup> / an	42861	25657
Bilan global ressources-besoins en milliers m <sup>3</sup> /an	-18108	-1717
Déficit	42%	7%

Tableau 12 : Evolution du bilan en milliers de m<sup>3</sup> (ORMVAH2010)

On remarque que les besoins bruts en eau des cultures entre la situation actuelle et future vont baisser de 16 Mm<sup>3</sup>/an (amélioration de l'efficience) et déficit va passer de 42% à 7%. Ce qui implique une économie importante d'eau.

Elle donnera une amélioration de la marge brute et une valorisation de l'eau observée au niveau des différentes cultures.

Cultures	Marge brute (dh/ha)		Valorisation (dh/m <sup>3</sup> )	
	Sans projet	Avec projet	Sans projet	Avec projet
<b>Olivier</b>	8400	17200	1.30	3.12
<b>Agrumes</b>	11600	21800	1.30	2.06
<b>marâchage</b>	7000	14200	1.40	2.62

Tableau 13 : L'amélioration de la marge brute et valorisation de l'eau (Ghayour, 2008)

L'irrigation localisée est une irrigation rationalisée, basée sur plusieurs paramètres comme le calcul des besoins en eau des cultures, qui la rende plus valorisante. Ces besoins en eau sont réduits avec le projet d'irrigation localisée.

## **II- Etude de la qualité des eaux d'irrigation des secteurs Oulad Gaïd par le projet de reconversion des systèmes d'irrigation**

Nous avons effectué une étude de la qualité des eaux d'irrigation du secteur Oulad Gaïd de la Tassaout amont, concerné par le projet de reconversion de système d'irrigation existante à l'irrigation localisée dans le périmètre du Haouz.

### **II.1.Objectif d'étude :**

L'objectif d'étude est de définir les processus de traitement adéquat des eaux brutes du canal Est Oulad Gaïd qui alimentent les réseaux d'irrigation des secteurs précités, ainsi que le dimensionnement de l'ouvrage retenu.

#### **II.1.1.Mise en valeur :**

La superficie du secteur objet du projet de conversion vers le système d'irrigation localisé est de l'ordre de 2140 ha. D'après l'étude de APS, cette superficie sera assolée essentiellement avec de l'olivier. Les cultures maraichères et le maïs fourrager sont également considérés pour les pratiques culturales futures au niveau du secteur.

#### **II.1.2.Description du réseau d'adduction**

Le schéma d'aménagement du secteur en situation de projet sera basé sur la réalisation des équipements principaux suivants :

- \* un bassin de régulation en amont de secteur
- \* une conduite d'adduction
- \* éventuellement une station de filtration commune
- \* un réseau de distribution en conduite sous pression
- \* des bornes d'irrigation en tête des blocs existants
- \* des prises propriétés individuelles ou collectives

Le débit total en tête de secteur est estimé, selon l'étude d'actualisation de l'APS, à environ de 1284 l/s.

### **II.2.Qualité des eaux du canal Est (Barrage Moulay Youssef)**

La qualité des eaux en provenance du barrage Moulay Youssef est en général bonne.

L'appréciation chimique de ces eaux est présentée dans le tableau suivant :

<b>Barrage</b>	<b>Niveau de prélèvement</b>	<b>O<sub>2</sub> (mg/l)</b>	<b>Pt (mg/l)</b>	<b>NO<sub>3</sub></b>
<b>Moulay Youssef</b>	<b>Surface</b>	12.23	0.048	4.730
	<b>Milieu</b>	7.6	0.033	4.91
	<b>Fond</b>	7.92	0.039	7.23

Tableau 14 : la qualité des eaux du barrage Moulay Youssef (novec2011)

Le barrage a fait un suivi de la qualité des eaux. Au vu de mesures disponibles, réalisées en conditions hivernales ou de printemps, cette qualité apparaît bonne à très bonne; ces mesures sont toutefois insuffisantes pour apprécier certains des caractéristiques estivales de l'eau stockée, notamment, en relation avec les phénomènes de stratification et de production de phytoplancton.

Concernant la qualité physique, on ne dispose pas de séries anciennes sur la turbidité des eaux. Au moment des crues la qualité des eaux deviennent très chargée de matière en suspension. La fréquence des crues est de 3 à 4 fois par an. Le recours à un procédé d'élimination des matériaux est inévitable pour l'installation du nouveau réseau en conduite et le système d'irrigation goutte à goutte.

### **II.3. Les normes les calculs de turbidité:**

Les mesures de turbidité sont régies par les Normes NF T 90-033 et ISO 7027.

L'étalonnage est effectué avec une solution de Formazine de dosage bien précis fixée par la norme.

La mesure donnée doit alors être de 1 NTU (Néphélobimétric Turbidity Unit) avec un émetteur optique de longueur d'onde  $\lambda = 860$  nm (infrarouge proche).

La norme en France impose NTU < 2 pour les eaux destinées à la distribution depuis décembre 2003, (1 NTU en décembre 2008). Une turbidité de 0,5 NTU est une valeur de référence qualité.

NTU < 5 : eau claire ;

5 < NTU < 30 : eau légèrement trouble ;

NTU > 50 : eau trouble.

Le tableau suivant présente des valeurs des paramètres physico-chimiques issues des analyses de quelques points de prise d'eau au niveau de notre canal Est (eau de barrage). La date des prélèvements est le 25/05/2012 et la date des analyses est le 28/05/2012 avec une température au laboratoire de 24°C.

Paramètre- physico chimiques	Température (°C)	Ph	Conductivité (µs/cm)	Turbidité (NTU)
Echantillon 1	21	7.3	755	18
Echantillon 2	21	7.56	762	17.5
Echantillon 3	21.5	7.55	770	21
Echantillon 4	22	7.55	775	17

Tableau 15 : Mesure de la turbidité au niveau des prises du canal Oulad Gaïd

On remarque que le PH des eaux de ce canal est neutre et les valeurs de conductivité augmentent légèrement de l'amont vers l'aval avec des variations faibles. Pour la turbidité, notre eau est légèrement trouble, selon les normes. Ses valeurs peuvent présenter des difficultés pour le bon fonctionnement de la technique du goutte-à-goutte.

Afin de résoudre ce problème il faut installer un nouveau bassin décanteur et des équipements de filtration de turbidité, pour enlever la MES et le calcaire qui peuvent gêner ces goutteurs, ce qui évitera l'endommagement des distributeurs des systèmes de micro-irrigation par le bouchage.

#### **II.4.Choix de variantes :**

Le réseau d'aménagement, tel qu'il a été conçu par l'étude d'APS, est constitué en amont du secteur par un bassin de régulation, et c'est pour délimiter le temps de réponse du réseau à la demande en eau d'irrigation des agriculteurs. Cet ouvrage est prévu juste au droit de la prise Oulad Gaïd sur le canal Est.

Vu les dimensions du bassin, il pourra jouer une double fonctionnalité : régulation et décantation.

En outre, il est intéressant d'exploiter cet ouvrage, puisqu'il offre la possibilité de réduire considérablement le coût d'investissement de l'amélioration de la qualité des eaux brutes. Ainsi, le contexte actuel de la qualité des eaux de surface au niveau du périmètre de Tassaout amont (à l'exception des périodes de crues) n'exige pas un traitement poussé tel que les décanteurs

lamellaires ou bien un décanteur de type accéléré. On recommande ainsi la décantation statique pour la séparation des MES.

### ➤ Principe de fonctionnement de décanteur statique

Fréquemment utilisé dans le cas où les eaux sont très chargées en matières en suspension, la décantation est un procédé de séparation gravitaire des solides sédimentables ayant une densité supérieure à celle de l'eau. Les matières décantées sont extraites par purges dans le fond de décanteur. Certains décanteurs sont équipés de racleur de fond pour une meilleure captation des décanats.

La décantation statique est employée dès que les volumes horaires concernés sont importants (des centaines ou des milliers de  $m^3/h$ ) avec des particules solides possédant une vitesse de sédimentation élevée.



Figure 13 : Schéma de décantation statique

Trois types ont été distingués :

- Le décanteur statique sans raclage, dont la surface de décantation en  $m^2$  égale à 1 à 2 fois le débit en  $m^3/h$ . Les boues y sont collectées gravitairement.
- Le décanteur statique à raclage mécanique, dont le débit peut atteindre  $300000m^3/j$ . La collecte gravitaire n'étant plus possible du fait de la surface importante du bassin. Les boues sont prélevées par un pont racleur ou une chaîne racleuse (décanteur circulaire ou rectangulaire).
- Le décanteur à succion de boues, qui extrait les boues par un système de dépression.

50 à 100 % traitées est recyclées.

Dans notre cas, le décanteur statique que nous avons choisi est un décanteur sans raclage mécanique vu que la superficie du futur bassin est assez grande, il constitue quatre compartiments qui permettent la décantation progressive de la matière en suspension. Chaque compartiment correspond à un décanteur à recirculation de boue, cette dernière sera évacuée à l'aide d'une vidange.

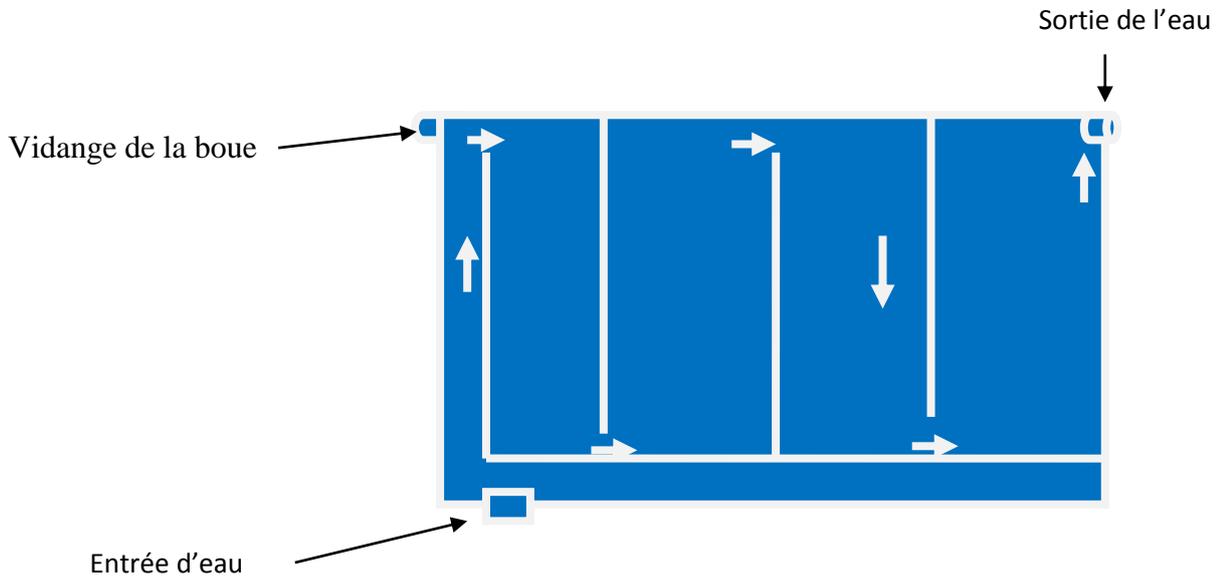


Figure 28: Schéma de futur décanteur

## II.5. dimensionnement de l'ouvrage :

### II.5.1. Hypothèses de calcul :

- débit total de décanteur :  $Q=1284 \text{ l/s}$  ;
- vitesse de décantation (vitesse de hazan) :  $V_h=0.7 \text{ m/h}$  ;
- teneur en MES maximale des eaux brutes est de l'ordre de  $3\text{g/l}$
- Hauteur de décanteur pour assurer un écoulement laminaire dans le bassin est de  $1.5\text{metres}$  :
- vitesse d'écoulement recommandée est de  $50\text{m/h}$

### II.5.2. caractéristiques dimensionnées :

Le dimensionnement de l'ouvrage de décantation statique se fait par calcul des paramètres suivants :

#### -surface de décantation :

Elle est calculée comme suit :  $S=Q/V_h$

Avec : **S** : la surface de décantation (m<sup>2</sup>) ; **Q** : Débit des eaux brutes (m<sup>3</sup>/h) ; **Vh** : vitesse de décantation (m/h).

**-largeur du bassin :**

$$l=Q/ (h*Ve)$$

Avec : **l** : Largeur du bassin (m) ; **Q** : Débit des eaux brutes (m<sup>3</sup>/h) ; **Ve** : vitesse horizontale d'écoulement (m/h) ; **h** hauteur du bassin (m).

**-longueur du bassin :**

$$L=S/l$$

Avec : **L** : longueur du bassin (m) ; **S** : source de bassin (m/h)

Il faut vérifier par la suite si le temps de rétention est suffisant pour une décantation jusqu'au fond du bassin. En d'autre terme, le temps de rétention doit être supérieur ou égale au temps de décantation.

<b>Hypothèse de calcul</b>		
<b>Qualité d'eau brute</b>	<b>g/l</b>	<b>3.0</b>
<b>Débit</b>	<b>l/s</b>	<b>1284</b>
<b>Vitesse de décantation</b>	<b>m/h</b>	<b>0.7</b>
<b>Hauteur du bassin</b>	<b>m</b>	<b>1.5</b>
<b>Vitesse d'écoulement</b>	<b>m/h</b>	<b>50</b>
<b>Dimensionnement</b>		
<b>Surface de décantation</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>6600</b>
<b>Longueur du bassin</b>	<b>m</b>	<b>110</b>
<b>Largeur du bassin</b>	<b>m</b>	<b>60</b>
<b>Temps de rétention dans le bassin</b>	<b>h</b>	<b>2.14</b>
<b>Temps de décantation</b>	<b>h</b>	<b>2.14</b>

Tableau 16 : dimensionnement du bassin de décantation pour le secteur Oulad Gaïd :

D'après le tableau, le temps de rétention est égal au temps de décantation. On conclue donc qu'avec ces dimensions (60\*110) la décantation naturelle peut être effectuée dans les conditions optimales pour un débit de 1.3 m<sup>3</sup>/s.

Pour la reconversion en irrigation localisée on a utilisés un bassin de décantation, mais ce bassin sera seul indispensable pour éviter le colmatage des équipements de l'irrigation localisée par la matière en suspension et le calcaire. C'est pour ça qu'il faut accéder à la filtration de l'eau d'irrigation pour éviter d'endommager les distributeurs des systèmes de micro-irrigation par le bouchage. Le type de filtres utilisés dépend du type d'impuretés contenues dans l'eau et du degré de filtration requis pour les distributeurs. Leur dimension doit être la plus économique possible avec des pertes de charge minimales comprises entre 0,3 et 0,5 bar (ORMVAH, 2010).

## II.6.station de filtration :

À propos de la station de filtration, les recommandations de l'APS du secteur Oulad Gaïd orientent le choix vers la variante commune (station collective en tête de secteur). Cette option dépend pleinement de la disponibilité de charge pour le fonctionnement des filtres et les pertes de charges engendrées. On suppose que cette condition est vérifiée du faite que la simulation du réseau était favorable vis-à-vis de la pression requise au niveau des bornes à l'exception de quelques-unes.

- **Le choix du type de filtre** : Tous les filtres peuvent bien fonctionner s'ils sont adéquatement dimensionnés et installés. Cependant nous aurons choisir notre filtre d'après, l'analyse des avantages et inconvénients des différents types des filtres collectifs (filtre à sable, filtre à tamis et filtre à disque).

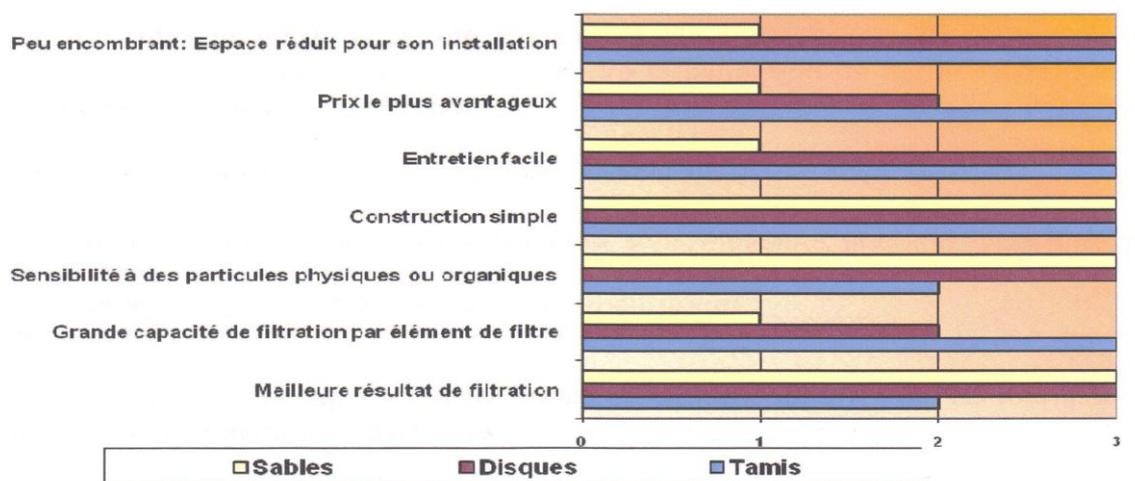


Figure 29 : comparaison des caractéristiques de filtration des trois filtres.

En prenant compte les avantages et les inconvenants des trois filtres mentionnées ci-dessus, les filtres proposés pour la station de filtration collective en tête de secteur sont des filtres à disque (figure 16 page 34), en raison de son efficacité et fiabilité vis-à-vis différents types d'éléments solides (MES, les algues et la matière organique) produit par la stagnation de l'eau dans le bassin décanteur et le contact avec la lumière.

Ils seront installés en parallèle et alimentés par un collecteur. Le nombre de filtres nécessaire est déterminé en fonction de la surface, de la vitesse et du débit de dimensionnement.

Et en tête des systèmes d'irrigation localisée (dans les parcelles), les filtres à disques peuvent être utilisés, ou éventuellement des filtres à sable. Le besoin en filtration des gouttes est de 200 à 100 microns pour les goutteurs. En tenant compte du diamètre moyen de l'orifice de passage des distributeurs devraient être au moins à 100 microns.

#### **II.6.1. surface filtrante :**

La surface filtrante nette d'un élément de filtre est déduite à partir de la surface brute du filtre. Elle est donnée le constructeur est d'environ  $50 \text{ cm}^2$  par  $\text{m}^3/\text{h}$  de débit d'eau à filtrer.

#### **II.6.2. vitesse optimale de filtration :**

La vitesse optimale du passage dépend du type de filtres utilisés. Pour le filtre à disque, la vitesse est généralement de 0.3 m/s en secteur net.

#### **II.6.3. débit de dimensionnement :**

Pour le dimensionnement d'une tête de filtration, on considère :

- Le débit nominal en tête du réseau de réseaux de distribution qui est de l'ordre de 1284 l/s ;
- Le coefficient de sécurité : dans un souci de sécurité, il est nécessaire de considérer un débit supérieur au débit requis pour l'irrigation. Il tient compte de l'obturation du matériau filtrant entre deux nettoyages. Une majoration de 30% est généralement appliquée.
- Les débits de la filtration dépendant de la qualité de l'eau à filtrer (haute, moyenne ou basse qualité).

Prévoir un filtre de plus est nécessaire dans la mesure où on considère un élément de secours en cas de pannes ou de dommages pour ne pas influencer le bon déroulement de l'irrigation.

#### **II.6.4. unités de filtration :**

En tenant compte de la vitesse optimale de filtration (30 cm/s), 30% de sécurité et en considérant les caractéristiques du modèle de filtre proposé, le nombre de filtres requis est déduit à partir du rapport de la surface cumulée de filtration nette du filtre choisi.

### II.6.5. type et nombre de filtre adoptés :

Le type de filtre à disques à choisir devrait répondre aux critères suivants :

- \*Haut fiabilité
- \*espace d'encombrement réduit et construction simple
- \*peu d'entretien
- \* faible cout d'installation
- \*possibilité d'extension
- \*service après-vente
- \*garantie et durée de vie des composants des filtres.

La variété des filtres à disques automatique et qui fait un nettoyage automatique avec économie de l'espace révolutionnaire.

Il existe des filtres disponibles à partir de 2 à 12 pouces. Il a été convenable de choisir des filtres 6 pouce, ces derniers sont plus recommandés pour traiter des eaux à haut débit.

#### ✓ Considérant et Résultats :

- Le débit nominal est de  $1284 \text{ l/s} = 4622 \text{ m}^3/\text{h}$
- La majorité ajoute 30% de sécurité, le débit de dimensionnement =  $1669 \text{ l/s}$  (soit  $6009 \text{ m}^3/\text{h}$ )
- Le débit maximal d'un module de six éléments ( $500 \text{ m}^3/\text{h}$ ).
- Nombre de filtres :  $6009/500 = 12$  filtres à 6 " + un de sécurité (avaries etc.) = 13 filtres.
- 13 unités de filtres sont nécessaires pour pouvoir filtrer l'eau à des fins d'irrigation localisée. Un élément de plus sera prévu comme sécurité supplémentaire en cas de pannes, avaries,...

Le fonctionnement et le nettoyage des filtres se font automatiquement. Pour certains types de filtres, processus d'auto nettoyage durant 25 secondes et l'eau continue à être filtrée.

Ceci permet une consommation minimale de l'eau pendant le lavage et un fonctionnement continu du filtre.

### II.6.6. évaluation des pertes de charge :

Concernant les pertes de charge, et partant des catalogues disponibles pour un type de filtre, il est souligné que la conséquence de lavage est amorcée à une différence de pression de 0.3 bars. La perte de charge pour les 7 éléments de filtres placés en parallèle est d'environ 0.1 bars. Tenant compte des pertes de charge singulières à l'entrée et à la sortie de la station de filtration et celles occasionnée par la répartition du débit entre les éléments de filtres (évaluée à 20% soit 0.1 bars), la perte de charge totale est alors de 0.5bars, majorée à 1 bar (pour tenir compte des pertes de charge plus excessives pour des filtres similaires).

# Conclusion

---

La reconversion du mode d'irrigation gravitaire au mode d'irrigation localisée est un projet agricole ambitieux auquel le Maroc a accordé le plus grand intérêt. C'est dans ce cadre que le programme national d'économie d'eau d'irrigation a été lancé. A l'échelle nationale, il a pour objectifs globaux : produire plus, avec une meilleure qualité, en utilisant moins d'eau et de façon durable ; et à l'échelle de l'exploitation agricole : l'amélioration des revenus, la réduction des risques et la rentabilité financière des investissements. Plusieurs projets ont été lancés à travers les périmètres irrigués du royaume, dont le périmètre de la Tassaout amont.

Le secteur d'Oulad Gaïd faisant partie de ce dernier périmètre est parmi les secteurs ciblés par le programme national de reconversion, notamment pour la charge hydraulique et vieillesse de ses équipements. C'est une zone de 3888 hectares dont l'aménagement a été mis en service depuis 1977.

Notre étude a donc eu pour objectif de faire une conception participative de reconversion collective à l'irrigation localisée dans ce secteur, en particulier dans une zone pilote de 2140 Ha, pour moderniser l'irrigation dans sous-secteur. Mais le choix du mode d'irrigation et du niveau d'équipement et d'automatisation doit tenir compte non seulement de la disponibilité de la ressource en eau, mais aussi des contraintes financières, de main-d'œuvre et de niveau de technicité de l'exploitation et de son environnement.

A ce sujet, certaines contraintes gênent la reconversion ; tel que la turbidité qui va causer un grand problème pour cette technique de goutte à goutte, notamment les coûts d'investissement et de fonctionnement.

La reconversion est cependant tout à fait faisable et rentable dans le secteur d'Oulad Gaïd en raison des possibilités topographiques qu'offre le secteur pour fournir la pression nécessaire, et surtout en raison de la rentabilité agricole et les économies d'eau qui vont s'accroître.

# BIBLIOGRAPHIE

---

- 1- **AZOUGGAGH M.**, (2001) - Transfert de technologie en agriculture, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.MADREEF /DERD, N 81, juin 2001.
- 2- **ORMVAH**, (2010b) - Projet de modernisation de l'agriculture irriguée dans le bassin de l'Oum Er Rbia : établissement des études des projets d'exécution pour la reconversion des systèmes d'irrigation existants dans les périmètres du Haouz. Sous N 1-2, Oulad Gaïd et Rive DROITE S 1-3, Note explicative. Rapport CID, 26p.
- 3- **ORMVAH**, (2008) - Etude de faisabilité de la reconversion à l'irrigation localisée dans les périmètres irrigués du Haouz : sélection des secteurs favorables diagnostic technique et socio-économique. Rapport CAADI, groupe ONA, 126p.
- 4- **KHARROU M. H.**, (2007) – Gestion rationnelle de l'eau d'irrigation dans le Haouz, journée de présentation des résultats du projet SUDMED.
- 5- **GHAYOUR M.**, (2008) – Economie de l'eau d'irrigation dans la zone d'action de l'ORMVAH du Haouz, 28p.
- 6- **BELKHERCHACH F .ET LOUQMANE H.**, (2011) –Reconversion de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée, dans les périmètres du Haouz ; avantages et inconvénients. Cas du périmètre N'Fis secteur N1-2, Mémoire de fin d'étude (faculté des sciences et technique Marrakech) ,62p.
- 7- **BOURHBA JAOUAD.**, (2011) – Conception participative d'un projet de reconversion collective à l'irrigation localisée au PMH (Dir de Béni Mellal) .thèse de fin d'étude (Institut de Agronomie et vétérinaire HASSAN II Rabat) ,178p.
- 8- **RESING, ABHT**, 2006 : Etude de gestion des principales nappes de la région hydraulique du Tensift. Mission 2 : Définition et mise en œuvre des scénarios de développement des ressources en eaux souterraines dans le bassin de Tensift.
- 9- **TELOUATI k.et OUAATOU H**, (2011) Impact de la turbidité des eaux du canal de la Rocate sur le projet de reconversion du système d'irrigation dans le périmètre du N'Fis (région de Marrakech-Tensift-Al Haouz Maroc). Mémoire de fin d'étude (FST), p 65

### Sites web consults :

[www.canne.progres.com/irrigation/irrigation-03.pdf](http://www.canne.progres.com/irrigation/irrigation-03.pdf)

[www.reseandev.net/IMG/pdf/le-système-Goutte-a-Goutte.pdf](http://www.reseandev.net/IMG/pdf/le-système-Goutte-a-Goutte.pdf)

[www.vulgarisation.net/81.pdf](http://www.vulgarisation.net/81.pdf)<http://www.anafide.org/Agenda.html>

### Liste des acronymes :

**ANAFID** : Association national des améliorations foncières de l'irrigation et du drainage.

**APS** : Avant-Projet Sommaire

**AUEA** : Association des usagers de l'eau Agricole

**Bbi** : Besoins bruts pour le mois i

**Bbp** : Besoins bruts de pointe

**CMV** : Centre de Mise en Valeur

**Dfc** : Débit fictif continu

**MES** : Matière en suspension

**Pdc** : perte de charge hydraulique

**PNEEI** : Programme National d'Economie d'Eau d'Irrigation

**PVC** : Polychlorure de Vinyle

**PMH** : Petit et Moyen Hydraulique

**ORMVAH** : Office Régional de Mise en Valeur Agricole

**OGG**: Oulad Gaïd gauche

**OGD**: Oulad Gaïd droite

**Ni** : Nombre des jours du mois i

**NTU**: Néphlimétric Turbidity Unit

**GH** : Grand Hydraulique

**IL** : Irrigation Localisée

**IP** : irrigation privée

**Vh** : vitesse de hazen

# ANNEXES

Secteurs	Sous secteurs	Superficie nette irriguée (ha)	charge disponible en tête secondaire	Ratio adduction / superficie (ml/ha)	Classe selon charge hydraulique	Classe selon ancienneté du réseau	Classe selon Homogénéité du secteur	Classement selon dotation	Débit fictif continu	Ressource en eau souterraine	Classe selon Statut Foncier	Classe selon Structure Foncière	Classe selon MDFV	Classe selon Occupation du sol	Classe selon dynamisme de reconversion	classe selon performance AUEA	classe selon taux de recouvrement	Note pondérée	Classement des secteurs	Cumul superficie (ha)
Houzz central	N1 2	2630		Sous pression	1	2	1	3	3	2	1	2	1	3	1	4	4	2,12	1	2830,00
Aval T2	RIVE DROITE 1.3	4000	25,2	5,20	3	3	1	1	1	1	3	2	2	2	3	1	4	2,15	2	6830,00
Tessabou Amont	BOUIDA G3&4	1890	40,0	3,16	2	1	2	2	5	2	2	1	2	3	2	2	1	2,15	3	8720,00
Tessabou Amont	BOUIDA M1&2	1615	33,6	3,86	2	1	2	2	5	2	2	1	2	3	2	2	1	2,15	3	10335,00
Amont T2	YAGOURIA	2072	28,5	4,96	3	2	1	1	2	1	4	3	1	1	3	2	2	2,20	5	12407,00
Houzz central	N1 4	2150		Sous pression	1	2	1	3	3	2	1	3	1	3	1	4	4	2,22	6	14557,00
Tessabou Amont	OULED GAID 2	1538	32,9	2,45	2	1	2	2	5	2	3	1	3	1	2	2	2	2,27	7	16495,00
Houzz central	N1 3	1970		Sous pression	1	2	1	3	3	2	1	4	1	3	1	4	4	2,32	8	18465,00
Houzz central	N2	3150		Sous pression	1	2	1	3	3	2	1	4	1	3	1	4	4	2,32	8	21615,00
Tessabou Amont	OULED SAID D2&3	1277	39,2	4,59	3	1	2	2	5	2	3	1	2	1	2	2	2	2,34	10	22862,00
Aval T2	RIVE DROITE 2	9000	27,9	5,40	3	3	2	1	2	1	3	2	2	2	3	1	4	2,34	10	31892,00
Houzz central	N3	6600		Sous pression	1	2	1	3	3	2	1	4	3	3	1	4	3	2,34	10	38792,00
Tessabou Amont	SAHRU RD3&4	1651	43,2	2,73	2	1	2	2	5	2	1	4	2	2	2	2	2	2,37	13	40443,00
Amont T2	HAKIA & TAOUZINT	1362	29,0	5,40	3	2	1	1	3	1	4	3	1	1	3	3	2	2,39	14	41805,00
Amont T2	TABOUASIT	1365	26,8	6,46	4	3	1	1	2	1	4	3	1	1	3	2	2	2,41	15	43170,00
Tessabou Amont	OULED SAID D4&5	978	24,0	5,48	4	1	2	2	5	2	3	1	2	1	2	2	2	2,46	16	44148,00
Tessabou Amont	FREITA	3211	39,5	1,98	2	1	1	3	5	2	4	1	2	2	2	3	3	2,49	17	47369,00
Tessabou Amont	SAHRU RD7&8	1384	30,0	4,81	3	1	2	2	5	2	1	4	2	2	2	2	2	2,49	17	48743,00
Amont T2	SUD EL KALAA	1484	22,9	7,70	4	3	1	1	2	1	4	3	1	1	3	3	2	2,49	17	50227,00
Tessabou Amont	SAHRU RD2	949	37,5	8,75	4	1	2	2	4	2	1	4	2	2	2	2	2	2,49	17	51176,00
Tessabou Amont	ATTAOUA RG4 5&6	1839	43,6	3,43	2	1	2	2	5	2	3	1	3	3	2	2	4	2,51	20	53015,00
Aval T2	RIVE DROITE 1.2	3000	12,8	Pompage	5	3	3	1	1	1	3	2	2	2	3	1	4	2,54	21	56015,00
Houzz central	H2 2	575	30,5	5,15	3	3	2	3	3	2	2	2	1	4	2	4	2	2,59	22	56590,00
Tessabou Amont	OULED GAID 1	1950	15,4	Pompage	5	1	3	2	4	2	3	1	3	1	2	2	2	2,59	23	58540,00
Tessabou Amont	BOUIDA G1	592	1,0	Pompage	6	1	3	2	4	2	2	1	2	3	2	2	1	2,59	23	59132,00
Tessabou Amont	BOUIDA G2	393	22,5	Pompage	5	1	3	2	5	2	2	1	2	3	2	2	1	2,59	23	59525,00
Tessabou Amont	SAHRU RD5&6	927	31,3	6,25	4	1	2	2	5	2	1	4	2	2	2	2	2	2,61	26	60452,00
Tessabou Amont	SAHRU RD1	1728	17,5	Pompage	5	1	3	2	4	2	1	4	1	2	2	2	2	2,63	27	62180,00
Tessabou Amont	TACOURRTE D8	920	26,0	4,32	3	1	1	2	5	2	4	4	1	2	2	2	2	2,66	28	63100,00
Aval T2	RIVE DROITE 1.1	1000	3,1	Pompage	6	3	3	1	1	1	3	2	2	2	3	1	4	2,66	28	64100,00
Houzz central	H2 3	575	29,2	5,55	4	3	2	3	3	2	2	2	1	4	2	4	2	2,71	30	64675,00
Houzz central	H2 4	575	28,5	5,63	4	3	2	3	3	2	2	2	1	4	2	4	2	2,71	30	65290,00
Houzz central	H2 1	287,5	16,7	8,21	4	3	2	3	3	2	2	2	1	4	2	4	2	2,71	30	65537,50
Houzz central	H2 2	287,5	31,0	14,47	4	3	2	3	3	2	2	2	1	4	2	4	2	2,71	30	65826,00
Tessabou Amont	OULED SAID D1	651	1,8	Pompage	6	1	3	2	4	2	3	1	3	1	2	2	2	2,71	34	66476,00
Tessabou Amont	TACOURRTE D6&7	1503	37,8	5,43	4	1	1	2	5	2	4	4	1	2	2	2	2	2,78	35	67979,00
Tessabou Amont	SKHRATE	525	28,6	14,39	4	1	1	2	5	2	4	4	1	2	2	2	2	2,78	35	68506,00
Aval T2	RIVE GAUCHE	8500	17,1	Pompage	5	3	3	1	1	1	4	4	1	2	3	2	3	2,78	37	77005,00
Tessabou Amont	ATTAOUA RG1	1267	17,5	Pompage	5	1	3	2	4	2	3	1	3	3	2	2	4	2,83	38	78302,00
Houzz central	Z1	1500	3,8	Pompage	6	4	3	3	3	2	1	3	3	2	2	2	2	2,90	39	78802,00
Aval T2	Nord El Kalaa	12661	0,9	Pompage	6	4	3	1	1	1	4	4	1	1	3	3	2	2,95	40	82663,00
Houzz central	R3 (S4&5)	930	30,9	6,18	4	4	2	3	3	2	1	3	4	4	2	4	2	2,95	41	83593,00
Houzz central	H2 1	287,5	3,8	Pompage	6	3	3	3	3	2	2	2	1	4	2	4	2	3,02	42	86468,00
Houzz central	R1	3800	5,2	Pompage	6	4	3	3	3	2	1	3	4	4	2	4	3	3,34	43	100298,00
Houzz central	R3	1870	3,1	Pompage	6	4	3	3	3	2	1	3	4	4	2	4	2	3,27	43	102138,00

Tableau : Classification des secteurs selon les analyses multicritère.



Le seuil d'Agadir Bou Achiba



Les modules à masque de l'ouvrage Agadir  
Bou Achiba



Vanne AMIL de l'ouvrage.



Point K.



Vanne AMIL du canal Est.



Canal Est.



Canal primaire Oulad Gaïd



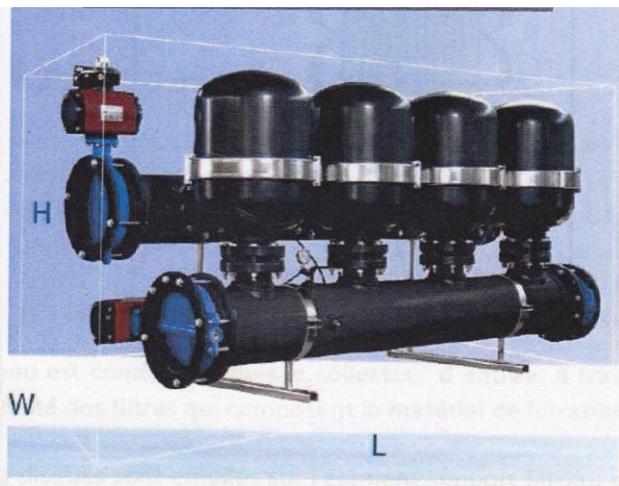
Le décanteur actuel d'Oulad Gaïd



Commencement du travail de reconversion dans le secteur d'Oulad Gaïd.



Filtre à 6'' composé de 8 éléments



Module construit de 4 filtres à 6''