
Département de Géologie

Licence Sciences et Techniques

Eau et Environnement

Mémoire de fin d'études

Intitulé

**ANALYSE CRITIQUE DE LA FILTRATION AU
NIVEAU DE SECTEUR RECONVERTI
D'IRRIGATION LOCALISEE A OULAD GAÏD**

Par :

AKHBOU ISSAM / BENTAKA Mehdi

Encadrés par : Pr. IBOUH (FSTG)

Mr. SGHIR Fathallah (ORMVAH)

Soutenu le 22/06/2018 Devant le jury :

Pr. IBOUH (FSTG)

Pr. TOUIL (FSTG)

Dédicace

A LA MEMOIRE DE MON Défunt Père ‘AKHBOU ABDELLAH’

A Nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de Nos études,

A nos chères frères et amies pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, pour leur appui et leur encouragement,

A toute la famille pour leur soutien tout au long de notre parcours universitaire,

Que ce travail soit l’accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d’être toujours là pour nous.

REMERCIEMENT

Nous tenons à présenter nos vifs remerciements à tous ceux qui nous ont accordé leurs orientations leurs conseils et qui ont veillé au bon déroulement de notre stage et plus particulièrement à :

- ❖ La direction de L'ORMVAH dans la personne de son Directeur Mr. **Mohammed El BAAISSI**, pour nous avoir donné l'opportunité d'effectuer notre stage dans ce grand établissement qui est pour nous le premier contact avec la vie active.*

 - ❖ Mr. **Fathallah SGHIR**, notre encadrant à l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz, pour son accueil chaleureux, son temps, son encadrement, et ses conseils.*

 - ❖ Mr. **Mouhssine ESSHANI** responsable qualité pour son accueil chaleureux, son encadrement et pour la confiance qu'elle nous a accordée dès notre arrivée à l'unité.*

 - ❖ Mr. **Hassan IBOUH**, professeur à l'université CADDI AYYAD, Faculté des sciences et techniques, pour son encadrement, ses précieux conseils.*
- Nous tenons à exprimer, également, notre profonde gratitude à :*
- ❖ Mr. **El houssaine AALIANE** pour son soutien et conseils au sein du Laboratoire pédologique d'ORMVAH.*

De crainte d'omettre quelques noms, nous nous adressons nos sincères remerciements à tout le personnel de la l'ORMVAH pour leur contribution au succès et au bon déroulement de notre stage.

*Nos remerciements vont à Mr. **TOUIL** Professeur à la faculté des sciences et techniques Marrakech, département des sciences de la terre d'avoir accepter de juger ce travail.*

Merci à tous.

Sommaire

CHAPITRE 1 : Cadre général	10
1. Présentation de l'ORMVAH du travail	11
2. Zone d'action	13
2.1 Caractéristique climatiques	14
2.2 Ressources en eau d'irrigation	14
2.3 Superficies irriguées	15
2.3.1 Périmètres de la Grande Hydraulique (GH).....	15
2.3.2 Périmètres de la Petite et Moyenne Hydraulique (PMH)	15
3. Périmètres irrigués de l'ORMVAH	16
3.1 Tassaout amont.....	16
3.2 Haouz central.....	17
3.3 Tassaout aval	17
4. PNEEI.....	17
4.1 Conversion collective	18
4.2 Conversion individuelle	19
4.3 Les critères du choix des secteurs reconvertis.....	20
4.4 Risques du programme.....	20
5. Irrigation au Maroc	21
5.1 Situation de l'irrigation au Maroc	21
5.2 Différentes techniques d'irrigation.....	21
CHAPITRE 2: Caractéristiques générales sur la zone d'étude OULAD GAÏD.....	30
1. Situation géographique	Erreur ! Signet non défini.1
2. Climat	32
3. Contexte géologique et géomorphologique	33
4. Ressources en eau superficielles (Hydrologie).....	34
5. Ressources en eau souterraines (Hydrogéologie)	35
6. Ressources en eaux (Barrage Moulay Youssef)	36
6.1 Présentation générale.....	36
6.2 Ressources en eau et usages	37
6.3 Principe enjeux	37
6.4 Principales caractéristiques du bassin	38
7. Pédologie.....	38
CHAPITRE 3 : Analyse critique de la filtration au niveau de secteur reconverti Oulad Gaïd	Erreur ! Signet non défini.0
1. Structure en réseau d'irrigation	Erreur ! Signet non défini.1

1.1	Prise d'irrigation sur le barrage Timinoutine	Erreur ! Signet non défini.	3
1.2	Ouvrage de prise Agadir bou achiba	Erreur ! Signet non défini.	3
1.3	Galerie d'adduction	Erreur ! Signet non défini.	3
1.4	Le point k.....	Erreur ! Signet non défini.	3
1.5	Canal Ouest	Erreur ! Signet non défini.	4
1.6	Canal Est.....	Erreur ! Signet non défini.	4
1.7	Bassin de régulation	Erreur ! Signet non défini.	5
2.	La Filtration et ses différents types.....		45
2.1	Classification de la qualité des eaux pour bien choisir son filtre		47
2.2	Les critères d'appréciation		47
2.3	Les différents types de la filtration.....		48
2.3.1	Le filtre à sable		48
2.3.2	Le filtre à tamis.....	Erreur ! Signet non défini.	0
2.3.3	Le filtre à disques	Erreur ! Signet non défini.	0
2.4	Technologie de la filtration à disques.....	Erreur ! Signet non défini.	1
2.4.1	Caractéristiques standard.....	Erreur ! Signet non défini.	1
2.4.2	Principe de fonctionnement.....	Erreur ! Signet non défini.	1
2.5	Entretien et contrôle de filtre.....	Erreur ! Signet non défini.	3
3.	Qualité d'eau d'irrigation	Erreur ! Signet non défini.	5
3.1	Les normes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation.....	Erreur ! Signet non défini.	5
3.2	Méthodes d'analyse des eaux	Erreur ! Signet non défini.	9
3.2.1.	Conductivité électrique (CE).....	Erreur ! Signet non défini.	9
3.2.2.	Potentiel Hydrogène (pH)	Erreur ! Signet non défini.	9
3.2.3.	Bilan ionique	Erreur ! Signet non défini.	9
3.2.4.	Matière en suspension.....		60
4.	Discussion et interprétation		61
	Conclusion		66
	Bibliographie.....		67

Liste des tableaux

Tableau 1:Couverture de la zone d'action de l'ORMVAH.....	13
Tableau 2:Présentation des tranches et des localités des terrains destinés à la reconversion du système gravitaire au système localisé dans la zone d'action de l'ORMVAH	18
Tableau 3:Les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire.....	26
Tableau 4: Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion.	26
Tableau 5: Les avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée	29
Tableau 6:Apports moyens annuels dans le bassin versant alimentant le barrage My Youssef (ORMVAH 2008)	35
Tableau 7:Bilan de la nappe du Haouz	36
Tableau 8:Caractéristiques principales du bassin	38
Tableau 9:Caractéristiques du réseau d'irrigation de la Tassaout Amont.	41
Tableau 10:Dimensionnement du filtre à sable	49
Tableau 11:Dimensionnement du filtre à tamis	50
Tableau 12:Dimensionnement du filtre à disque	50
Tableau 13:La finesse De filtration Doit être adaptée au matériel de distribution	52
Tableau 14:Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.	59
Tableau 15:Appréciation de la qualité globale des eaux D'irrigation selon le pH	62
Tableau 16:Normes limites de la CE et la minéralisation total	63
Tableau 17:Normes de qualité des eaux destinées à l'IL.	64

Liste des figures

Figure 1:Situation géographique de la plaine du Haouz et réseau hydrographique	14
Figure 2:Limites des secteurs d'irrigation de la GH et des CMV	15
Figure 3:Carte MNT montrant la situation de périmètres irrigués du Haouz (ligne noir).....	16
Figure 4:Carte du périmètre irrigué de la plaine du Haouz montrant la localisation des terrains (en vert) concernés par le PNEEI dans la zone d'action de l'ORMAVAH.	19
Figure 5:présentation des pourcentages de trois systèmes d'irrigation après et avant le PNEEI	20
Figure 6:Architecture des systèmes d'irrigation.....	22
Figure 7:Situation géographique de secteur reconverti Oulad Gaïd (ORMVAH)	31
Figure 8:climatique de la station Zemrane charqiya (source : climate-data.org)	32
Figure 9:Courbe de température station Zemrane charqiya (source climate-data.org).	33
Figure 10:: Carte géologique simplifiée du Haouz.....	34
Figure 11:Carte pédologique du Haouz de Marrakech (Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts (1951).....	39
Figure 12:Schéma simplifié des aménagements hydrauliques du secteur Oulad Gaïd	42
Figure 13:de la décantation statique au niveau du bassin de régulation.....	44
Figure 14:Schéma d'une crépine dans une situation de pré-filtration	46
Figure 15:Schéma du fonctionnement d'un filtre hydro-cyclone.....	47
Figure 16:Schéma d'un filtre à sable	49
Figure 17:Schéma d'un filtre à disque.....	52
Figure 18: Schéma simplifié d'une station de filtration utilisée dans une parcelle au secteur Oulad Gaïd	54
Figure 19:courbe du pH des eaux de surface du secteur Oulad Gaïd	62
Figure 20:Variation de la conductivité électrique et de la minéralisation totale des eaux prélevés au niveau de secteur Oulad Gaïd.....	63
Figure 21:Evolution de la concentration des anions (Cl-,HCO3-et SO4--) au niveau du secteur Oulad Gaïd	64
Figure 22:Evolution de la MES des eaux au niveau du secteur Oulad gaïd.....	Erreur ! Signet non défini.

Introduction

Depuis près de 50 ans, les techniques d'irrigation n'ont cessé de se perfectionner dans le but d'augmenter l'efficacité de l'irrigation. L'irrigation localisée (goutte-à-goutte, micro-aspiration), qui peut se définir comme l'apport d'un volume très limité d'eau au plus près des besoins de la plante, est aujourd'hui la technique la plus adaptée pour optimiser cette efficacité d'irrigation.

Ainsi cette technologie permet-elle de tendre vers un idéal d'irrigation, le fonctionnement en quasi continu avec des émetteurs d'eau à très petit débit (parfois moins de 0,6 l/h) qui respectent les équilibres du sol (minimum de percolation, maintien de l'eau dans le système racinaire, peu de compactage du sol, ...), et aident à tendre vers un idéal agronomique. Cette eau est de plus en plus le vecteur des substances nutritives (engrais), ce qui permet d'en limiter la quantité utilisée tout en maximisant leurs effets (localisation de l'apport). Mais ces systèmes requièrent forcément des systèmes de filtrations à la hauteur du challenge, capables de protéger efficacement ces systèmes d'irrigation novateurs des particules susceptibles de les colmater (sédiments contenus dans l'eau ou résidus des substances nutritives mal diluées dans l'eau).

Choisir une filtration adaptée n'est pas une science exacte. Cela relève de l'expérience et d'une analyse fine de la demande. Cela ne peut se faire sans concertation de l'agriculteur qui en sera forcément l'utilisateur final en charge de la maintenance et du suivi sur le terrain. Autant qu'il adhère totalement au concept retenu. On retiendra que l'automatisme a été le facteur principal d'évolution des systèmes de filtration : s'appuyant aussi bien sur la technologie tamis (compacité et simplicité), la technologie sable (efficace même sur eau difficile mais gourmande en eau et en place) ou la technologie disque (le meilleur compromis), elle les transcende au point de les rendre applicables sur la plupart des cas.

✓ **Problématique**

Après la reconversion de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée au niveau de secteur Oulad-Gaïd situé à la plaine du l'Haouz plus précis au Tassaout amont qui recouvre une superficie de 2100 ha divisé sur plus de 358 parcelles. Cette reconversion nécessite une Installation de station de filtration :
L'installation d'une station de filtration reste une obligation puisque il faut installer des filtres pour garantir le bon fonctionnement des réseaux goutte à goutte.

Le problème majeur de l'irrigation au goutte à goutte est le risque d'obstruction des goutteurs .la section de passage des eaux dans les goutteurs quand trouve sur le marché est très faible (diamètre de 0,2 à 2mm). Par

suite ces goutteurs risque de se boucher si l'eau n'est pas propre par conséquent il est essentiel que l'eau soit exempte de toute matière solide en suspension autrement dit la filtration de l'eau est obligatoire.

Les crues restent la première source de turbidité. 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.

✓ **Objectif**

Les exploitants agricoles d'Oulad Gaid utilisent au niveau des parcelles des filtres à disque. L'objectif de ce travail est d'essayer d'apporter une contribution pour répondre à la question suivante:

Est ce que le type de filtre utilisé permet d'arrêter les particules en suspension dans l'eau pour éviter tout colmatage des goutteurs ?

Au cours de cette mémoire on va voir les études et les analyses qui vont nous aider à avoir des résultats et puis on les compare avec les normes de la qualité de l'eau d'irrigation

✓ **Méthode et déroulement de stage**

1. Phase de recherches bibliographique
2. Sortie au terrain (secteur Oulad Gaïd) pour le prélèvement des 3 échantillons d'eau
 - Le premier à partir du bassin de régulation
 - Le Deuxième avant la filtration
 - Le troisième après la filtration
3. Les analyses d'eau au laboratoire de l'ORMVAH
4. La rédaction de la mémoire

PREMIERE CHAPITRE : **CADRE GENERAL**

1. Présentation de l'ORMVAH du travail

L'Office Régional de la Mise en Valeur de l'Agriculture de Haouz (ORMVAH) a été établi comme une institution publique avec un statut civil et une autonomie financière sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et du Développement Agricole. Créé par Décret Royal n° 831-66 du 7 Rajeb 1385 (22 octobre 1966) dans le but du développement agricole et de la promotion de l'agriculture dans la zone de Haouz. Les objectifs attribués à l'ORMVAH sont :

- 1) L'étude et l'exécution des projets d'irrigation et de développement agricole,
- 2) La gestion et l'entretien des équipements d'irrigation et la gestion de l'eau pour l'agriculture
- 3) Le développement des techniques nouvelles, de la formation professionnelle, de l'organisation des agriculteurs, ainsi que la gestion du secteur de la réforme Agraire,
- 4) L'augmentation de la productivité agricole,
- 5) La promotion du secteur de l'industrie agro-alimentaire,

L'ORMVAH couvre une superficie de 663 000 ha dans la Plaine du Haouz, qui s'étale sur 4 provinces : Marrakech, El Kelaa des Sraghna et une partie de la province d'Azilal. Il couvre 69 communes rurales (**Tableau n°1**).

En plus des rôles cités ci-dessus, L'ORMVAH a aussi pour missions :

- la responsabilité de la gestion de toutes les ressources en eau pour l'irrigation ainsi que des systèmes et des équipements d'irrigation dans sa zone d'action.
- assure la vulgarisation des techniques agricoles auprès des agriculteurs, la collecte des redevances d'eau, l'attribution des permis pour la construction des puits, la régulation des prélèvements d'eau illégaux, etc.
- Il est aussi responsable du fonctionnement et de la maintenance des systèmes d'irrigation.
- la responsabilité du système de canalisation après les barrages.
- la responsabilité du canal de Rocade.
- Préparation des plans de distribution d'eau dans les secteurs d'irrigation et adresse à l'ABHT les demandes de lâcher les eaux du barrage.

✓ Organisation de l'ORMVA du Haouz

Les services techniques :

- Le S.G.R.I.D : Service de la Gestion du Réseau d'Irrigation de Drainage

Il s'occupe de l'exécution du programme d'irrigation élaboré dans le cadre prévisionnel (distribution et maintenance) ; de l'instruction des requêtes du réseau émanant des irrigants et polices des eaux ; du développement, encadrement des associations d'irrigation et de l'application des mesures de polices des eaux.

- Le S.P.A : Service de Production Agricole

Ses attributions sont l'exécution et suivi de l'évaluation des programmes d'action élaborés dans le cadre prévisionnel en matière de production agricole et la réalisation des études Agro-Economiques.

- Le S.E.L : Service d'Elevage :

Chargé de l'organisation et l'exécution des programmes de lutte contre les maladies contagieuses et parasitaires au cheptel et l'application des mesures de polices sanitaires et vétérinaires.

- Le S.E.Q : Service d'équipement :

S'intéresse à la présentation des cahiers de charge pour la passation des marchés d'équipement et de la réhabilitation ; la réception contradictoire des études techniques d'aménagement et le contrôle des travaux et réception des ouvrages et des travaux effectués.

- Le S.V.O.P : Service de la Vulgarisation et de l'Organisation Professionnelle :

Chargé de concevoir les programmes de vulgarisation de toutes les composantes de l'exploitation et auprès des agriculteurs et d'assurer la formation permanente des vulgarisateurs et la formation professionnelle des jeunes ruraux, en collaboration avec les services de l'office.

Fiche d'identité

➤ Raison social :

Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (établissement public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

➤ Secteur d'activité :

Chargé de promouvoir le développement agricole dans sa zone d'action qui s'étend sur la wilaya de Marrakech, la province d'El Kelaa des Sraghna et une partie de la province d'Azilal et couvre une superficie globale de 663000ha.

➤ Implantation de l'entreprise : MARRAKECH, Tensift-Haouz

➤ Date de création : Le 22 octobre 1966

➤ Adresse du siège social :

Av Hassan II, Gueliz BP 2411, Marrakech. Tél. 0524-44-95-97, Fax 0524-44-97-93

	<i>Marrakech</i>	<i>Al Haouz</i>	<i>El Kelaa Seragha</i>	<i>Azilal</i>	<i>Total</i>
<i>Nombre de communes rurales</i>	12	11	46	Une partie	69
<i>Superficie de la zone (ha)</i>		277,000	385,000	1,000	663,000
<i>Commune rurale dans la plaine de Haouz définie dans l'étude</i>	12	11	9	–	32
<i>La superficie (ha)</i>	126,000	140,000	106,000	–	352,000

Tableau 1: Couverture de la zone d'action de l'ORMVAH

2. Zone d'action

La zone d'action de l'ORMVAH est limitée à l'Est par l'oued Labid, à l'Ouest par le N'fis, au Sud par le piémont du Haut Atlas et au Nord par les oueds Tensift et Oum Rabiaa (**figure 1**)

Elle s'étend sur une superficie de 663 000 Ha (dont 473 000 Ha de superficie agricole utile), répartie comme suit :

- La préfecture de Marrakech - Ménara (12 communes rurales) : 134 000 ha
- La province d'Al Haouz (11 communes rurales) : 143 000 ha
- La province d'El Kelaa des Sraghnas (42 communes rurales) : 342 875 ha
- La province de Rhamna (4 communes rurales) : 43 125 ha

Population totale : 1.735.000 habitants dont 745.500 ruraux

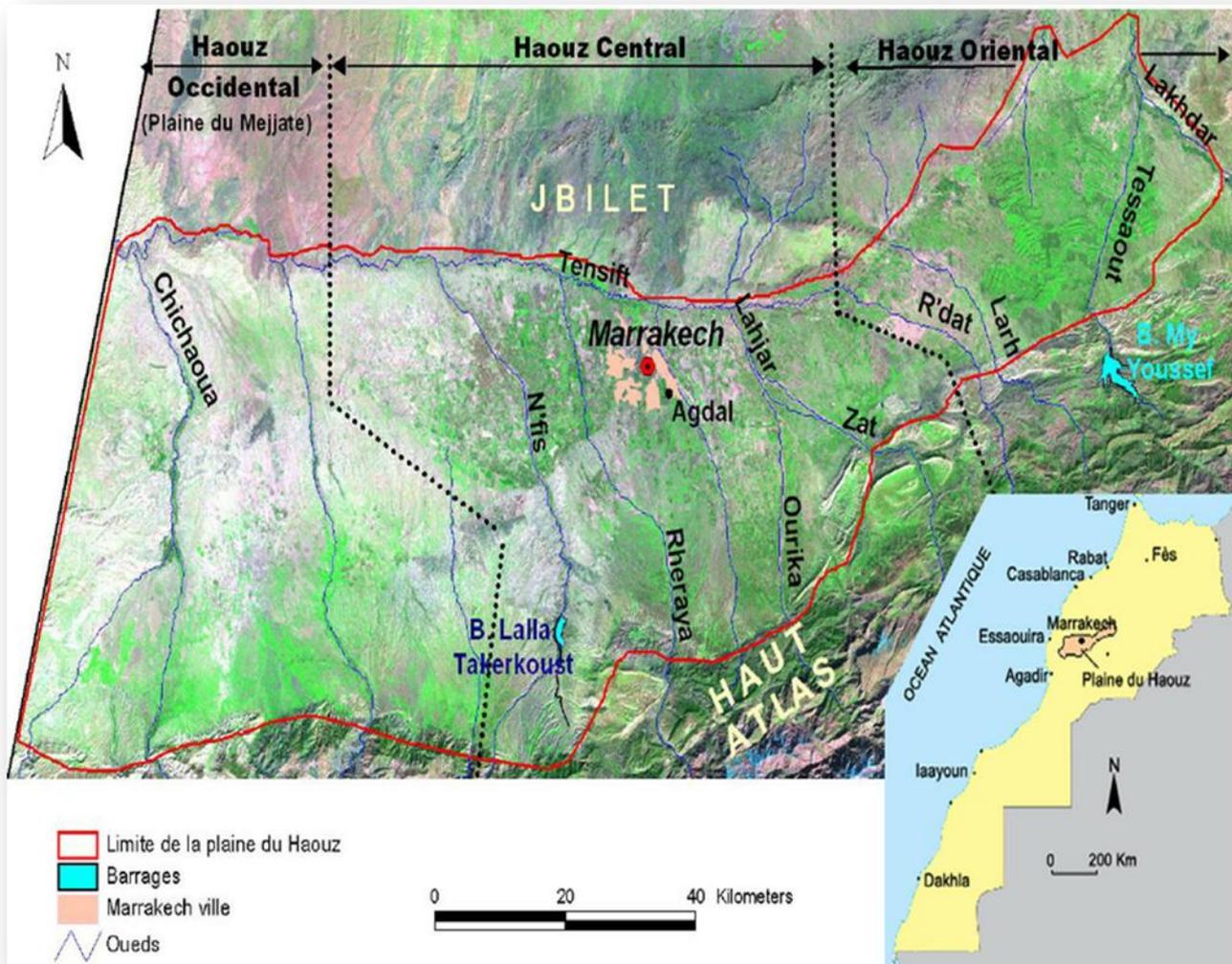


Figure 1: Situation géographique de la plaine du Haouz et réseau hydrographique (www.erudit.org)

2.1. Caractéristique climatique

La zone d'action de l'ORMVAH est caractérisée par un climat contraignant avec des températures estivales très élevées (37°C) et hivernales basses (5°C), une faible pluviométrie (moyenne de 240 mm/an), de faibles degrés d'humidité, ainsi qu'une évaporation importante (2400 mm/an). Telles sont les caractéristiques principales du climat semi-aride du Haouz qui, sans maîtrise de l'eau, rend aléatoire toute amélioration et diversification de la production agricole.

2.2. Ressources en eau d'irrigation

Le réseau hydrographique du Haouz est composé d'une multitude de cours d'eau qui s'organise en deux systèmes : les affluents de l'Oum Er Rabiaa et ceux du Tensift qui reçoivent 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 aussi le barrage de Yaakoub Mansour, en

plus les eaux souterraines de 270 millions m³, 205 millions m³ pour le Haouz central et 65 millions m³ pour Tassaout.

2.3. Superficies irriguées

2.3.1. Périmètres de la Grande Hydraulique (GH)

La superficie de la GH dans le sous bassin de Tassaout est déterminée comme suit :

- Élaboration de la carte des secteurs d’irrigation de la GH et les CMV compris dans le sous bassin (**figure n°2**),
- À l’aide du SIG, on calcule le % de la superficie du secteur d’irrigation inclus dans le sous bassin et on identifie le CMV auquel appartient le secteur ;
- La superficie de chaque secteur d’irrigation est calculée sur la base des données fournies par l’ORMVAH (superficies des secteurs d’irrigation, monographie du réseau) proportionnellement au % inclus dans le sous bassin.

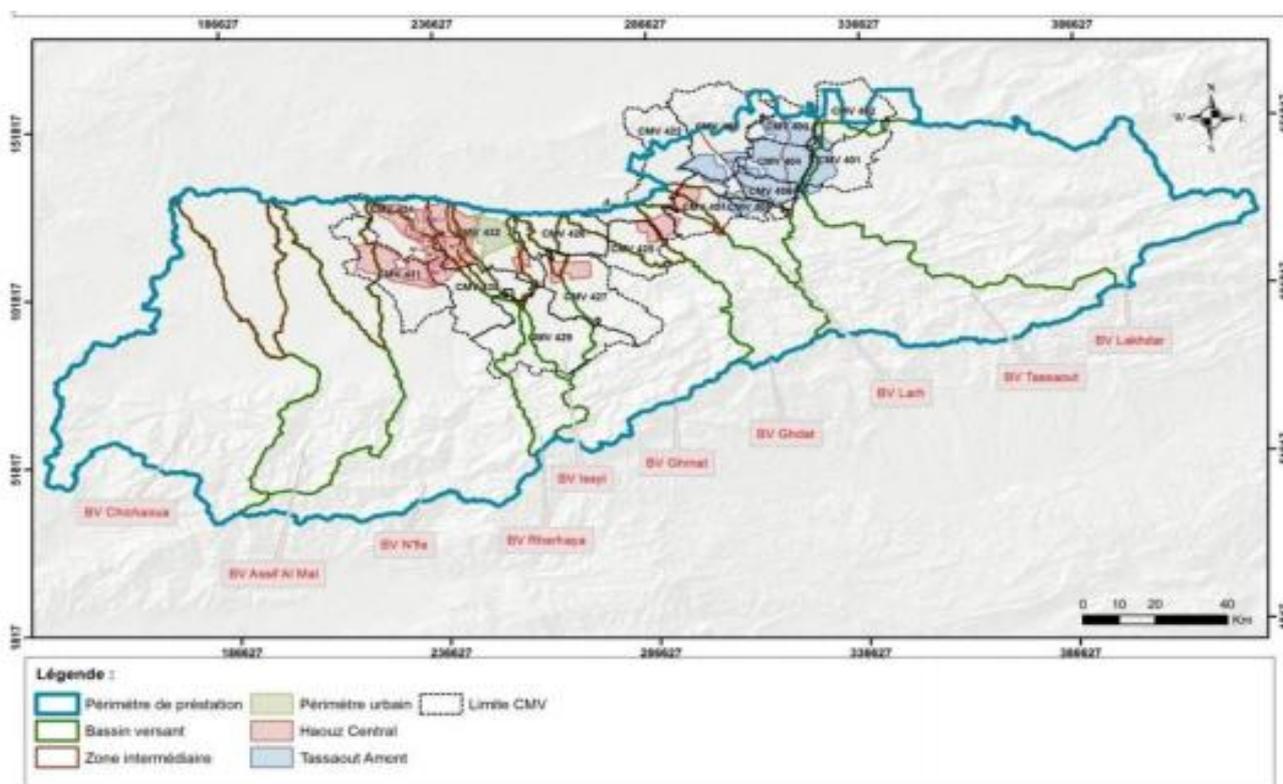


Figure 2: Limites des secteurs d’irrigation de la GH et des CMV (Diagnostic du sous-bassin de Tassaout / Avril 2016)

2.3.2. Périmètres de la Petite et Moyenne Hydraulique

L’absence d’une carte de localisation des périmètres de la PMH pose des difficultés pour déterminer la superficie exacte de la PMH à l’intérieur des limites du sous-bassin de Tassaout. Pour estimer cette

superficie, nous avons procédé comme suit : Les superficies de la PMH pour l'ensemble des communes du sous-bassin Tassaout ont été mises à notre disposition par les services de l'ORMVAH en ce qui concerne la PMH de la zone de plaine, par les services de la DPA de Marrakech en ce qui concerne la PMH du piedmont et de la montagne des communes relevant de la province d'Al Haouz (Abadou, Ait Hkim Ait Yizid et Ait Aadel) et par les services de l'ABH-OER (PDAIRE Oum Er Rbia 2011) en ce qui concerne les communes relevant de la province d'Azilal (Anzou, Sidi Yacoub, Ait Oumdis et Ait Tamlil) À l'aide de la carte des strates d'occupation du sol nous avons estimé le pourcentage de la PMH de la commune comprise dans le sous-bassin.

3. Les périmètres irrigués de L'ORMVAH

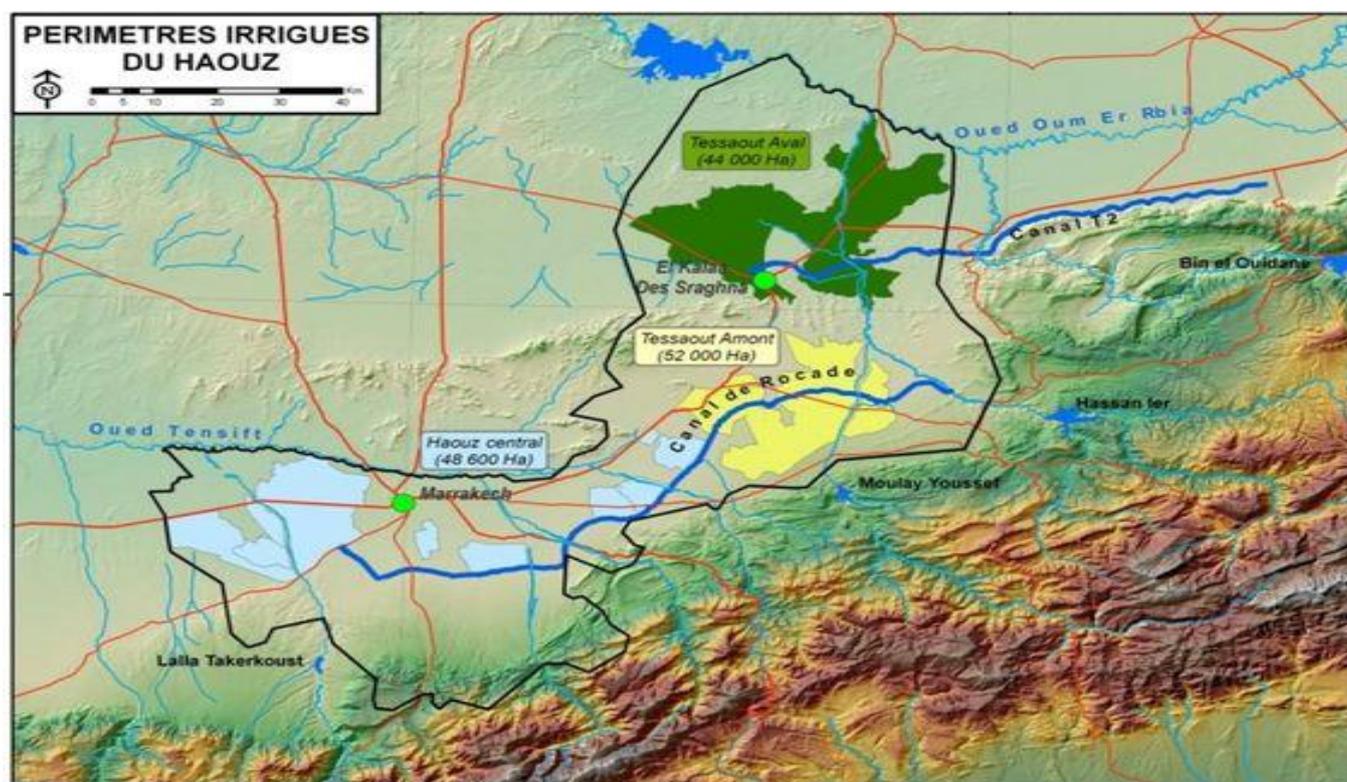


Figure 3: Carte MNT montrant la situation de périmètres irrigués du Haouz (ligne noire). (ORMVAH 2011)

L'office régional de mise en valeur agricole présente 3 périmètres irrigués comme la **figure n°3** ci-dessus montre qui sont :

3.1. Tassaout amont

Le périmètre de la Tassaout-Amont a constitué les premiers aménagements de grande hydraulique du Haouz, et ces secteurs modernes ont été mis en service entre 1969 et 1978. Il s'étend sur une zone délimitée par les Jbilet, au sud par le piedmont du Haut-Atlas, à l'Est par L'oued Lakhdar et à l'Ouest par la limite du bassin de l'Oued Tensift. Il représente 52.000 ha, irrigués à partir des eaux de l'oued Tassaout régularisées par le barrage Moulay Youssef (250 Mm³/an) dont on distingue :

Les secteurs ayant fait l'objet d'un aménagement intégral (canaux primaires, secondaires, tertiaires et quaternaires avec aménagement foncier ; remembrement en trame A et B) s'étendent sur 30.000 ha.

Les secteurs réalimentés qui ont fait l'objet uniquement d'une amélioration des adductions primaires couvrent 22.000 ha (ORMVAH, 2011).

3.2. Haouz Central

Cette Zone, d'une superficie brute de 245 000 ha est située entre oued Tensift au Nord et le piedmont du Haut-Atlas au Sud, limitée à l'Est par le périmètre de la Tassaout-Amont et à l'Ouest par le contour occidental des eaux irrigués par les eaux de l'oued Tensift. Son aménagement a été prévu en plusieurs étapes :

* La première tranche d'irrigation, représentant 50 000 ha à aménager, dont une partie (21 000 ha) est actuellement réalisée (N° fis rive droite).

* La seconde tranche d'irrigation prévoit, à plus long terme que 60 000 ha seront irrigués d'une part à partir de nouveaux barrages permettant de régulariser les eaux des Oueds centraux, et d'autre part, pour certains secteurs par pompage dans la nappe.

3.3. Tassaout Aval

- La Tassaout-aval couvre une superficie brute d'environ 70 000 ha. Elle est située entre la chaîne des Jbilet au Sud, L'Oum Errebia au Nord, L'oued El Abid à l'Est. Les terres situées à sa limite Ouest sont caractérisés par la salinité. La superficie irriguée est de 44.000 ha. Elle comporte deux unités hydrauliques distinctes : La zone située à l'amont du Canal T2 de 6.500 ha, bénéficiant des eaux des oueds Lakhdar et Tessaout régularisées par les barrages Hassan 1er et Moulay Youssef (46 Mm³ / an),
- La zone située à l'Aval du Canal T2 de 37.500 ha, alimentée par le Canal T2 à partir des eaux de Bin El Ouidane (235 Mm³/an). Le canal T2 a une longueur de 90 km et il est dimensionné pour un débit en tête de 11 m³/s. L'équipement de ce périmètre s'est limité aux canaux primaires et secondaires. Le réseau de distribution en aval des prises ainsi que la trame foncière existantes ont été conservés. (ORMVAH, 2011)

4. Programme National d'Economie d'Eau en Irrigation (PNEEI)

Le Programme National d'Economie d'Eau en Irrigation (PNEEI) est un programme très ambitieux qui 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. Tout en assurant une gestion efficace et durable des ressources en eau Ainsi que d'aider les agriculteurs participant au projet à utiliser l'eau d'irrigation de manière plus moderne et raisonnable.

Alors dont le but de préserver les ressources limitées en eau d'irrigation et d'accroître la valeur ajoutée de l'agriculture marocaine, Cette rationalisation ne peut se faire qu'à travers l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation, par l'amélioration des techniques utilisées ou l'adoption de systèmes plus économes en eau. Elle consiste en la reconversion de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée de 80 600 ha au niveau des exploitations agricoles Dans la région de Marrakech –Safi.

Ces conversions comprennent deux sortes :

4.1. Conversion collective

Il s'agit d'une modernisation du réseau d'irrigation gravitaire en réseau localisé avec l'installation du matériel de ce réseau au niveau des parcelles, Cette conversion sera réalisé par tranches comme suit dans le **tableau n°2** et la **figure n° 4**:

Tranche	Secteur	Superficie (ha)	Etat d'avancement	Sponsor et cout du projet
1 ^{ère} tranche	-N1.2- N'fis Rive Droite - Ouled Gaïd -Tessaout Amont -RDS1-3 - Tessaout Aval	10 000	- Les études de faisabilité et d'exécution sont achevées.	BM et BEI ___486 MDHS (BM:banque-Mondial BEI:banque-Européenne d'irrigation)
2 ^{ème} tranche	Oulad Said-Taourirt - Skhirat – Tessaout Amont	5 450	- Etudes de faisabilité et d'exécution sont achevées.	Etat ___656 MDHS
	- Zone Amont T₂ : (Yagoubia –Tabouassite– Hakia et Taouzinte)Tessaout aval	5000	- Faisabilité achevée, - Etudes d'exécution sont achevées. - Actualisation des études d'exécution du réseau secondaire en cours de démarrage.	BM ___500 MDHS
3 ^{ème} tranche	-N1.1 – N'fis Rive Droite - Sharij et Bouida – Tessaout Amont	12 000	-Faisabilité achevée - Etudes d'exécution du secteur Bouidda achevée -Poursuite des études d'exécution des secteurs N1.1 et Sahrij	_____
4 ^{ème} tranche	- Rive Gauche –Tessaout Aval - N₄ N'Fis Rive Gauche - Attaouia et Freita Tessaout Amont	11 000	- APS achevé - Consultation des agriculteurs achevés - La faisabilité achevée	_____
5 ^{ème} tranche	- R₁, H₂, R₃, Z₁ -Haouz Central - Rive Droite –Tessaout Aval	13 650	- APS achevé - Consultation des agriculteurs achevés - La version définitive de la faisabilité en cours d'élaboration	_____

Tableau 2: Présentation des tranches et des localités des terrains destinés à la reconversion du système gravitaire au système localisé dans la zone d'action de l'ORMAVAH

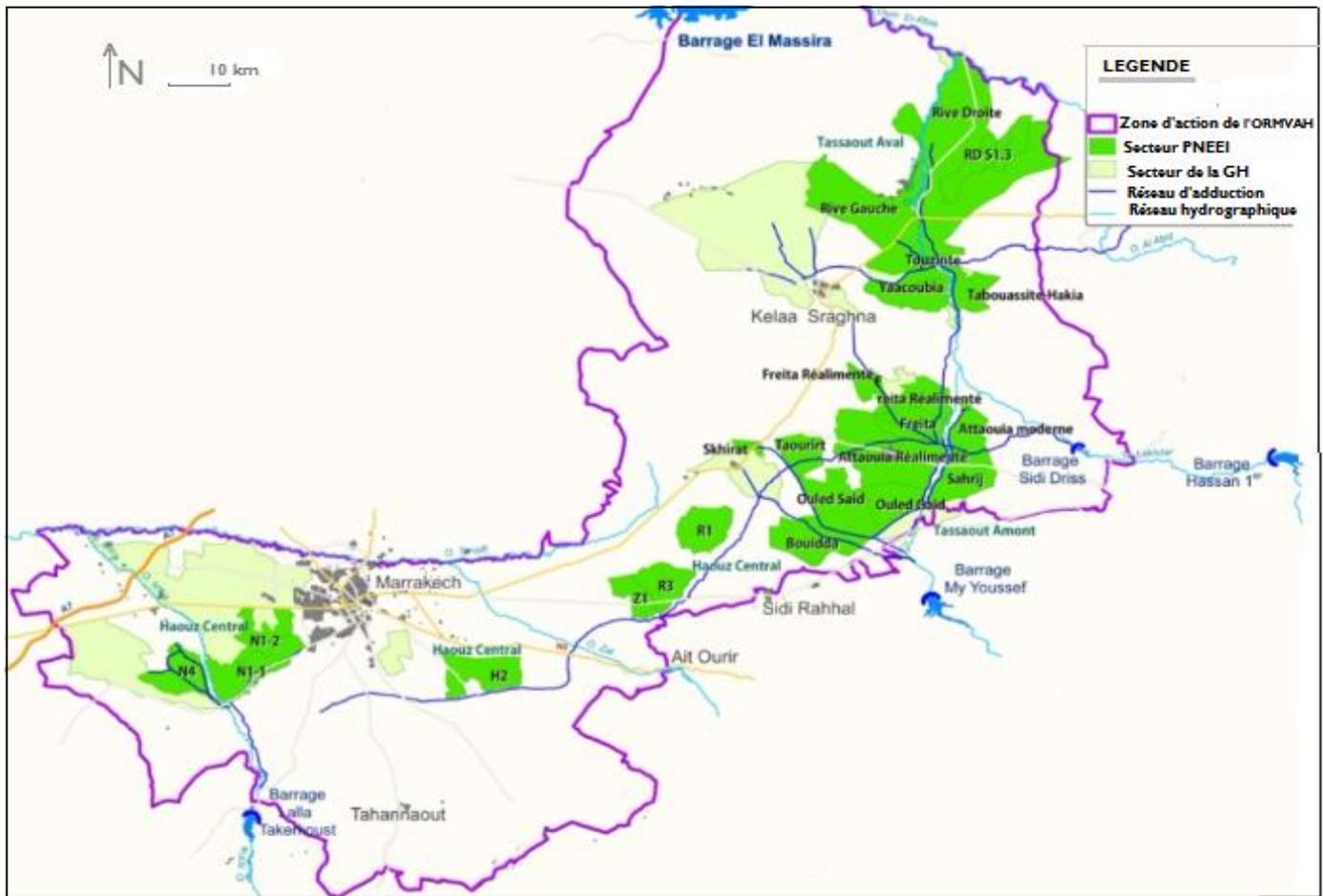


Figure 4: Carte du périmètre irrigué de la plaine du Haouz montrant la localisation des terrains (en vert) concernés par le PNEEI dans la zone d'action de l'ORMVAH. (ORMVAH 2011)

4.2. Conversion individuelle

Correspond à la réalisation de projet de reconversion en irrigation localisée par les agriculteurs eux-mêmes sur la base du principe du guichet ouvert (c'est le bureau destiné d'accueillir les agriculteurs qui demandent le soutien de l'Etat). L'état aura comme 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). Ces derniers vont profiter de 100% de la subvention si la superficie à reconvertir est inférieure à 5 ha et 80% si elle dépasse 5 ha. Les superficies prévues pour ce type de conversion dès 2008 sont estimées à 23 100 ha

4.3. Les critères du choix des secteurs reconvertis

Afin d'aboutir à des projets rentables, l'état a fixé une série des critères pour atteindre les objectifs fixés et pour avoir une distribution équitable tout en couvrant toute les régions du royaume. Parmi les conditions qui on note :

- La présence d'une ressource d'eau,
- La disponibilité d'une charge hydraulique ainsi d'une différence d'altitude pour assurer la pression nécessaire au fonctionnement du réseau d'irrigation localisée
- La prédisposition des agriculteurs à assumer (est ce que les agriculteurs sont près),
- L'ancienneté du réseau : l'âge des équipements justifie leur renouvellement, c'est-à-dire que plus le réseau est récent plus le secteur est plus favorable à la reconversion.

L'analyse de tous ces critères permet de classer les secteurs favorables à la reconversion par ordre de mérite.

Les graphiques suivants dans la **figure n°5** présentent les pourcentages en superficies des trois modes d'irrigation (gravitaire, aspersion et Irrigation localisée), situation avant la réalisation du PNEEI (2008) et situation future.

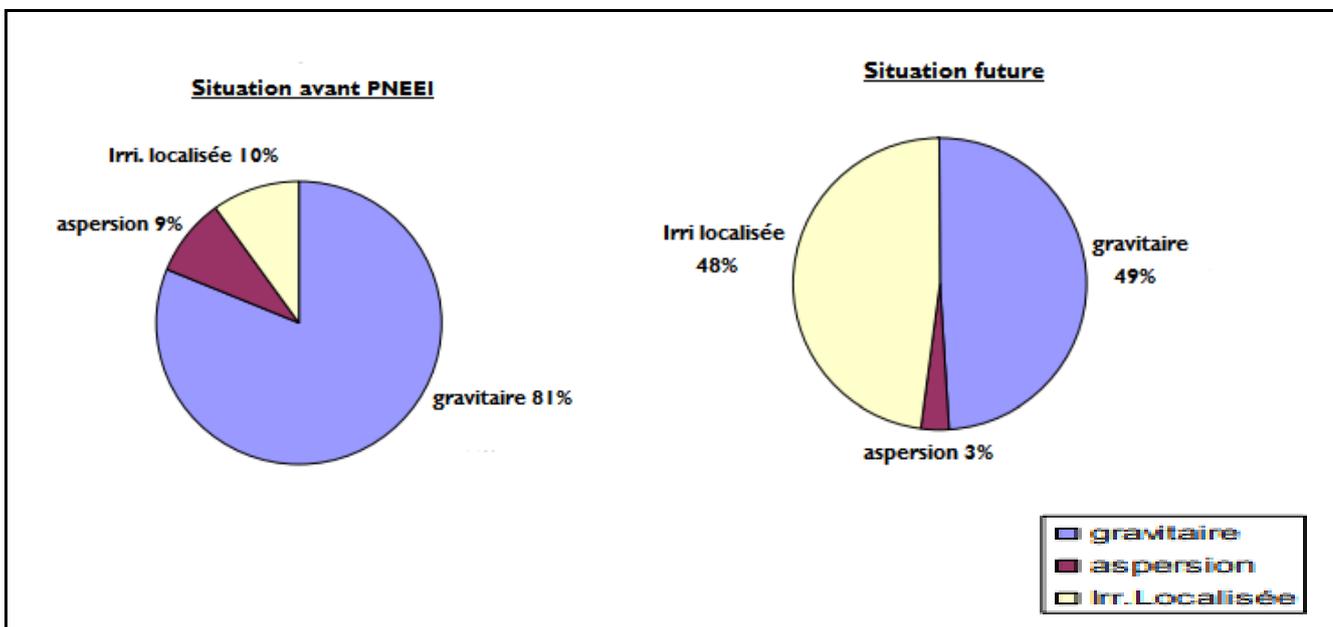


Figure 5:Présentation des pourcentages de trois systèmes d'irrigation après et avant le PNEEI. (ORMVAH 2008)

4.4. Risques du programme

Comme tout programme ou projet, au fur et à mesure de l'avancement, certaines problèmes commencent à apparaitre et notamment ceux de l'extension de l'irrigation non planifiée. Par conséquent il faut parler

d'une valorisation d'eau au lieu d'économie. les difficultés de gestion des réseaux d'irrigation localisée ont donné lieu à une sur-irrigation et un apport en eau supérieur au besoin des cultures, ainsi que des problèmes et des risques 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
- 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 irriguées 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.

Alors pour atteindre les objectifs dressés au début du programme, il faut doubler les efforts en termes d'accompagnement et de sensibilisation des agriculteurs par l'organisation des formations continues, interventions à tous les niveaux, gestion de l'offre, de la demande, et la gestion participative (la coordination entre l'Etat et les agriculteurs).

5. L'irrigation au Maroc

5.1. Situation de l'irrigation au Maroc

Dans de nombreuses régions agricoles du Maroc, l'irrigation est un facteur essentiel puisqu'elle permet d'accroître la productivité agricole et permet de garantir aux agriculteurs un revenu plus important. Cependant, le manque d'eau qui s'intensifie avec les changements climatiques et l'accroissement constant des besoins en eau en agriculture, conjugués aux conflits d'usage avec les autres secteurs, tels que l'industrie et la consommation en eau potable, nous amènent à constamment réfléchir sur les économies d'eau et d'énergie. Ceci passera forcément par une gestion efficace de l'irrigation ainsi que par la maîtrise de l'utilisation et le choix des systèmes d'irrigation.

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 influence négativement sur la production. La maîtrise de l'utilisation de l'eau d'irrigation devient donc urgente et nécessaire.

L'irrigation gravitaire représente environ 80% de la superficie des grands périmètres irrigués du Maroc, par conséquent, les pertes en eau restent importantes. Il est donc nécessaire de réduire ces pertes, soit par une gestion rationnelle de l'utilisation de l'eau, soit par l'utilisation de techniques d'irrigation adéquates. Ceci est d'autant plus vrai, que la demande en eau d'irrigation sera plus importante dans les années à venir.

5.2. 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 (**figure n°6**).

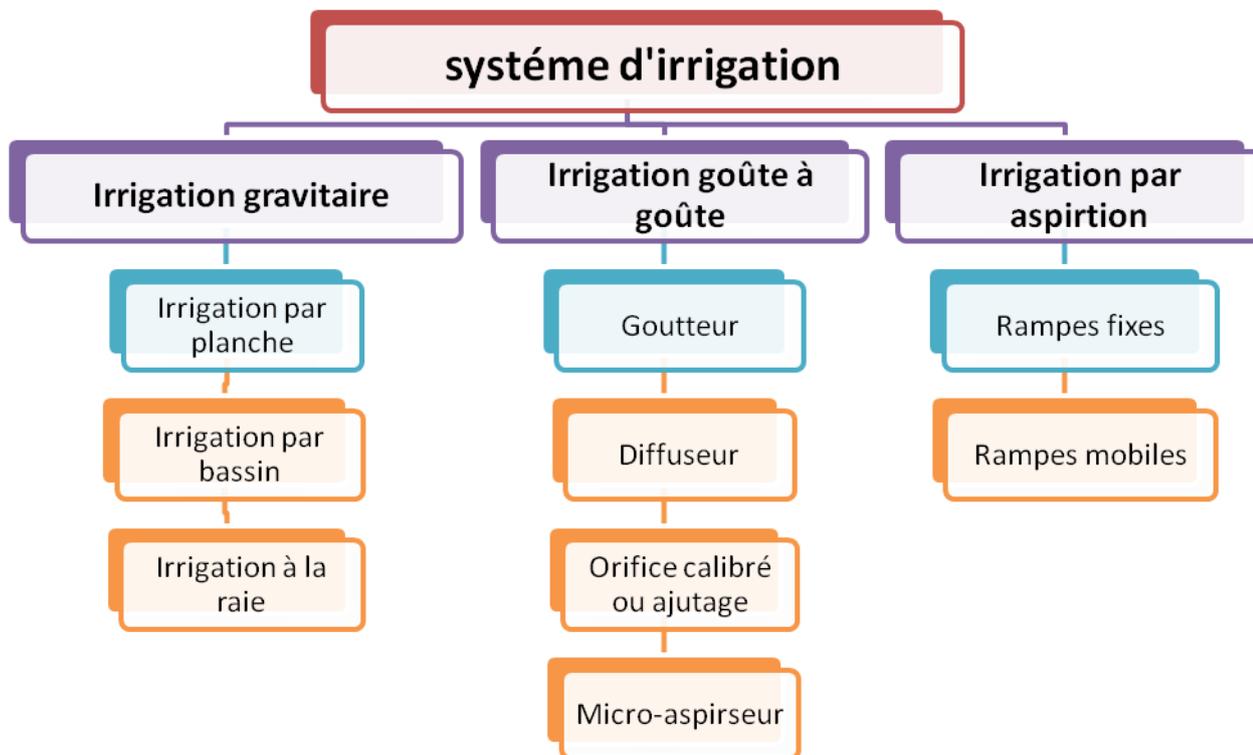


Figure 6: Architecture des systèmes d'irrigation. (www.eau-agro.com)

❖ **Irrigation gravitaire** : Il s'agit de la technique d'irrigation la plus ancienne. Elle utilise un canal à ciel ouvert qui apporte l'eau selon la pente naturelle du sol à des canaux de plus en plus petits, venant irriguer les parcelles cultivées par ruissellement 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 irriguées (Azougagh, 2001).

Cette technique utilise énormément d'eau, d'autant plus qu'une grande partie se perd par évaporation. Le gravitaire peut se faire par plusieurs manières :

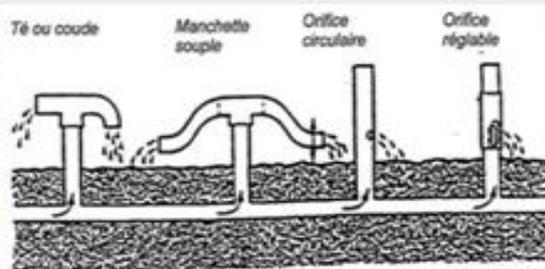
- **Irrigation par planches**

L'irrigation par planches est l'apport d'eau (ruissellement) sur des longues parcelles en pente et rectangulaire avec des conditions de drainage à l'extrémité basse du champ. Les planches sont disposées dans le sens de la plus grande pente (planche photo I; A).



Planche photo I: Différents systèmes d'irrigation

- A: l'irrigation par planche
- B: l'irrigation par Bassin
- C: l'irrigation par siphon
- D: Irrigation par rampe à vannettes
- E: Système californien d'irrigation



▪ L'irrigation par bassin

C'est le système le plus connu et le plus utilisé 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 m² et cette technique est connue sous le nom "*Robta*". Cette dernière occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements. **(Planche photo I:B).**

▪ Irrigation à la raie

Il s'agit des raies de taille est variables. Elles peuvent être placées dans le sens de la pente ou selon les courbes de niveau. L'irrigation à la raie permet de gérer l'eau avec plus de flexibilité. Le débit unitaire est

considérablement réduit et cette technique peut être pratiquée avec des pentes allant jusqu'à 12% si les raies sont placées selon les courbes de niveau avec un débit dimensionné pour être non érosif. Si les raies ne sont pas disposées selon les courbes de niveau, la pente maximale recommandée est de 3% ou moins. Cette technique peut exister selon différents mécanismes parmi ces derniers on cite : l'irrigation par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple par trans-irrigation et Le système californien (Planche photo I et II).

□ **l'irrigation par siphon**

Ce type d'irrigation est d'un intérêt certain car il permet d'éviter la construction d'une "séguia" d'amenée avec, et donc tous les travaux liés à la distribution. Il permet également de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie.

□ **l'irrigation par rampe à vannettes :**

C'est un tube rigide qui est posé devant les rangées de culture et qui véhicule le débit d'irrigation. Le tube est équipé de vannettes en face de chaque raie d'arrosage. Ces vannettes, fixées sur la paroi du tube, peuvent coulisser en libérant un orifice plus ou moins important. Le réglage de l'ouverture est donc facile et indéfinissable, conduisant à un arrosage efficace.

□ **Le système californien :**

Le système californien est une méthode dans laquelle les sont enterrées en tête de parcelle. Des cheminées verticales sortent en surface et emmènent l'eau dans les raies d'irrigation. Ces cheminées peuvent être régulées par des gaines souples ou vannette. C'est un système fixe, il n'y a donc aucune manipulation. Il ne gêne pas le passage des engins agricoles. Néanmoins sa pose demande des travaux d'installation ainsi qu'une étude hydraulique correcte.

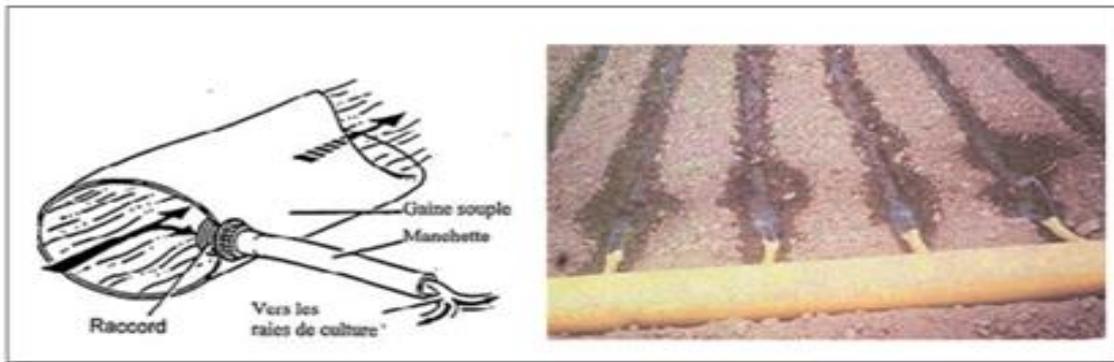
□ **Irrigation par gaine souple :**

C'est un système qui utilise une manche en plastique souple reliée à plusieurs manchettes venant alimenter les raies d'irrigation. Le débit de 2l/s environ est modifiable grâce un dispositif permettant de resserrer la gaine souple. Ils sont facilement montables, et démontables et ne font pas obstacles au passage des engins agricoles.

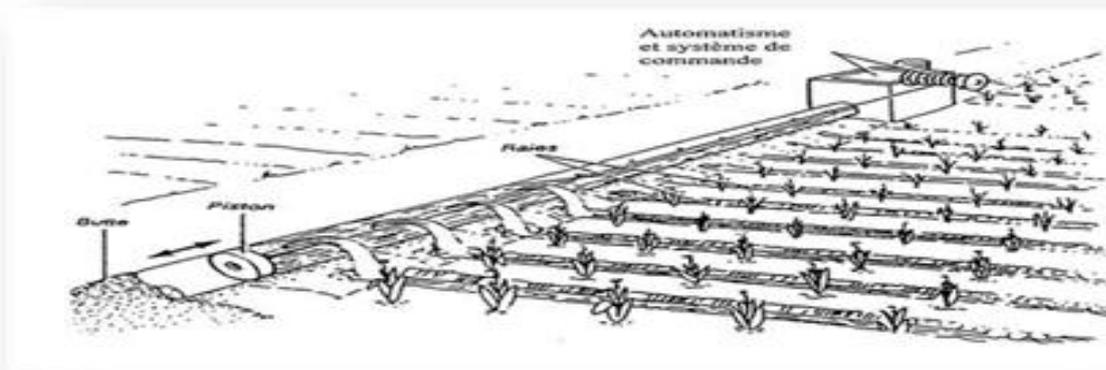
□ **La transirrigation :**

C'est un système récent qui utilise un tube en PVC est disposé en tête de parcelle. Ce tube est percé de trous équidistants. C'est le déplacement d'un piston à l'intérieur de ce cylindre qui met en mouvement la masse d'eau contenue dans le tuyau et permettant l'alimentation des raies. Dans ce système le débit s'annule de lui-même au dernier trou, ce qui permet un contrôle très précis des doses. Le système peut être enterré ou à ciel ouvert. Il peut être complètement automatisé. Cependant, sa pose nécessite une étude hydraulique sérieuse et beaucoup de soin.

A



B



C



Planche photo II: Différents systèmes d'irrigation

A: Irrigation par gaine souple

B: La transirrigation

C: Irrigation par aspersion

En conclusion le système d'irrigation gravitaires présente un certain nombre d'avantages et et d'inconvénients qui sont résumé dans le **tableau n°3** présenté ci-dessous.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • les coûts d'investissement sont souvent relativement faibles. • les besoins énergétiques sont faibles ou nuls. • techniques sont anciennes, bien connues et éprouvées et sont insensibles au vent. • contribution à l'alimentation des nappes phréatiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • besoin en main d'œuvre important. • techniques inadaptées sur des sols filtrants. pertes (et parfois des vols) d'eau dans les canaux selon la nature du sol. • nécessité d'un terrain plat ou un nivellement • pollution possible par déversement.

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

❖ L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous une forme analogue à la pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes (fixes ou mobiles) d'arrosage équipées d'asperseurs. L'eau sort sous la forme d'un jet et se répartit en gouttelettes d'eau qui tombent sur le sol sous forme de pluie artificielle.

Comme le gravitaires se système d'irrigation par aspersion présente lui aussi des avantages et ses inconvénients qui sont résumé dans le **tableau n°4** indiqué ci-dessous.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Tout nivellement de sol est supprimé. • La seule méthode permettant d'arroser convenablement, les sols trop perméables pour être irrigués par ruissellement. • Elle permet un dosage précis, d'où une économie d'eau. • L'eau pulvérisée est plus oxygénée. • L'arrosage antigel est possible. • Economie de main d'œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le coût élevé des installations. • La mauvaise répartition de l'eau dans les régions ventées • Le mouillage des feuilles. • développement des mauvaises herbes

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

❖ Irrigation localisée :

C'est un système d'irrigation au goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation. Il consiste à délivrer l'eau en gouttes à la surface du sol sous pression et avec une faible dose (2-20 litres par heure). L'eau est canalisée dans des tuyaux en plastique munis d'orifices appelés goutteurs (émetteurs, distributeurs, jets d'eau, etc.). L'eau est délivrée au voisinage immédiat de la plante de sorte que l'humidification soit limitée à la zone radiculaire du sol. Ceci correspond à une utilisation plus efficace de l'eau qu'avec l'irrigation de surface ou par aspersion, où l'humidification concerne la totalité du sous-sol des plantations. En irrigation au goutte à goutte, la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures.

Dans l'irrigation goutte à goutte, 4 types de systèmes sont décrits : (**Planche photo II**) :

▪ rampe perforée

C'est un Système de micro-irrigation caractérisé par la distribution, au moyen d'ajutages en laiton , de débits suffisamment importants pour ne pas s'infiltrer immédiatement dans la rigole mais au contraire ruisseler sur le fond de celle-ci.

▪ micro asperseur

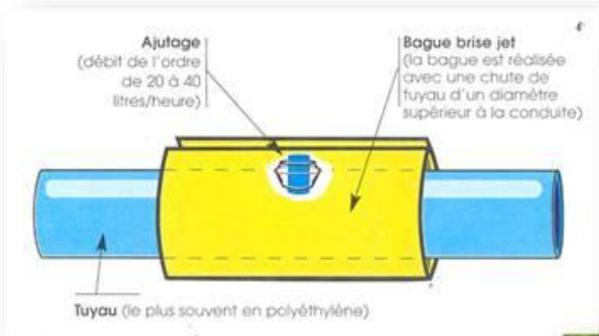
Il s'agit d'utiliser des mini-diffuseurs (micro-jets) montés sur des tuyaux souples installés le long des rangs de culture, mais non posés sur le sol. Les débits délivrés ponctuellement sont plus importants qu'avec des goutteurs. Moins sensibles au colmatage, ils requièrent une finesse de filtration supérieure et sont utilisés en arboriculture et sous serre.

▪ diffuseur

C'est système qui consiste à diffuser l'eau par une grande surface macro poreuse facilitant l'infiltration de l'eau dans le sous-sol. Le diffuseur enterré peut être utilisé pour l'irrigation des arbres et arbustes fruitiers et forestiers ainsi que pour des cultures maraîchères et plantes ornementales

▪ goutteur ou gaine

Les goutteurs se piquent sur le polyéthylène à l'aide d'une tête de vipère, ils peuvent être prolongés de micro-tubes et de piques, en simple ou double sorties. Ils sont montés à de faibles espacements sur des tuyaux souples constituant les rampes d'arrosage posées sur le sol le long des rangs de la culture. Les débits délivrés s'infiltrent immédiatement.



Rampe perforée

Micro-arroseur



Diffuseur



Goutteur

Planche photo II: différents systèmes d'irrigation localisée

En conclusion, on note que l'irrigation localisée présente plus d'avantages que d'inconvénients. Le **tableau n°5** suivant illustre cette comparaison.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • L'économie en eau 50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion. • La réduction de la pollution de la nappe phréatique par les engrais ainsi qu'une économie en engrais. • Facilite l'exploitation des sols très légers filtrant à forte percolation et des sols lourds fissurant en été. • La Possibilité d'exploitation des terrains à topographie et configuration irrégulières. • L'accès facile aux parcelles pour la réalisation des différentes opérations culturales. <ul style="list-style-type: none"> • L'augmentation du rendement de l'ordre de 20 à 40%, et une amélioration de la qualité des produits. • Feuillage sec, donc réduction des maladies cryptogamiques. • Humidité du sol constante à cause de la continuité d'arrosage. • Réduction du développement des mauvaises herbes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Salinisation excessive du sol (accumulation des sels) : toute eau d'irrigation contient des sels dissous, la plante prend d'eau et les sels restent dans le sol, durant la saison d'irrigation ces sels généralement refoulés à la limite externe du bulbe humide, en apportant plus d'eau que la plante n'en consomme de la zone racinaire et risque de provoquer de sérieux dégâts sur la culture. • La difficulté de la gestion de l'irrigation localisée, qui exige une technicité élevée. • Le risque d'un dessèchement rapide des plantes en cas d'arrêt spontané et prolongé de l'apport d'eau • Le cout d'installation d'équipement et de matériel d'irrigation est plus élevé. • Le risque de colmatage ou de bouchage du distributeur constituant l'inconvénient majeur de ce système.

Tableau 5: Les avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée

DEUXIEME CHAPITRE : CARATERISTIQUE
GENERALES SUR LA ZONE D'ETUDE (OULAD
GAÏD)

1. Situation géographique

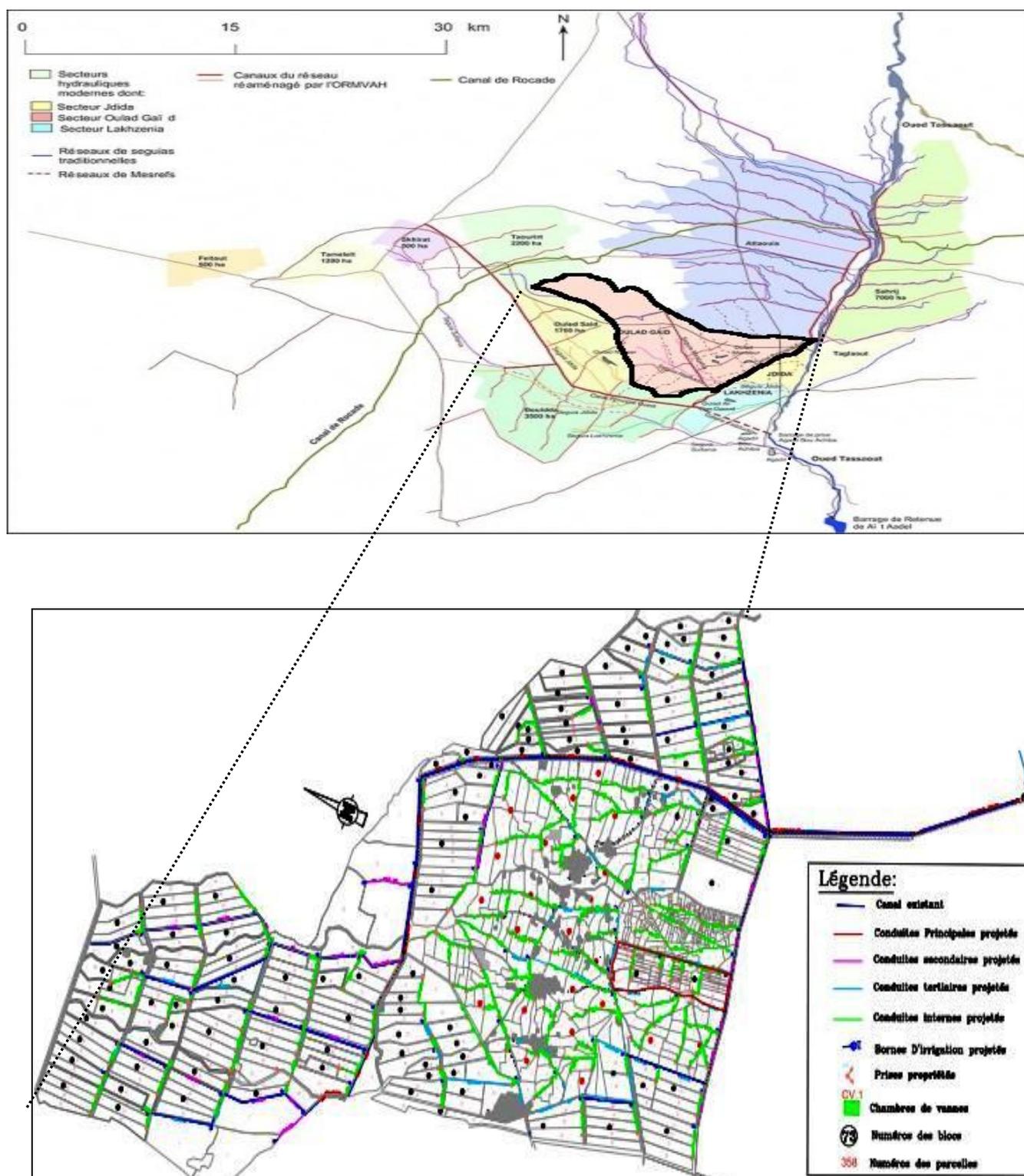


Figure 7: Situation géographique de secteur reconverti Oulad Gaïd (ORMVAH)

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 Jbilets, au sud par le Haut Atlas, à l'est par l'Oued Lakhdar et à l'ouest par le bassin d'oued Tensift comme la **figure n°7** montre.

2. Climat

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat: semi- aride et avec une faible précipitation. La pluie dans Oulad Gaïd tombe surtout en hiver, avec relativement peu de pluie en été. La température moyenne à Oulad Gaïd est de 18.0 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 363 mm (**figure 8**).

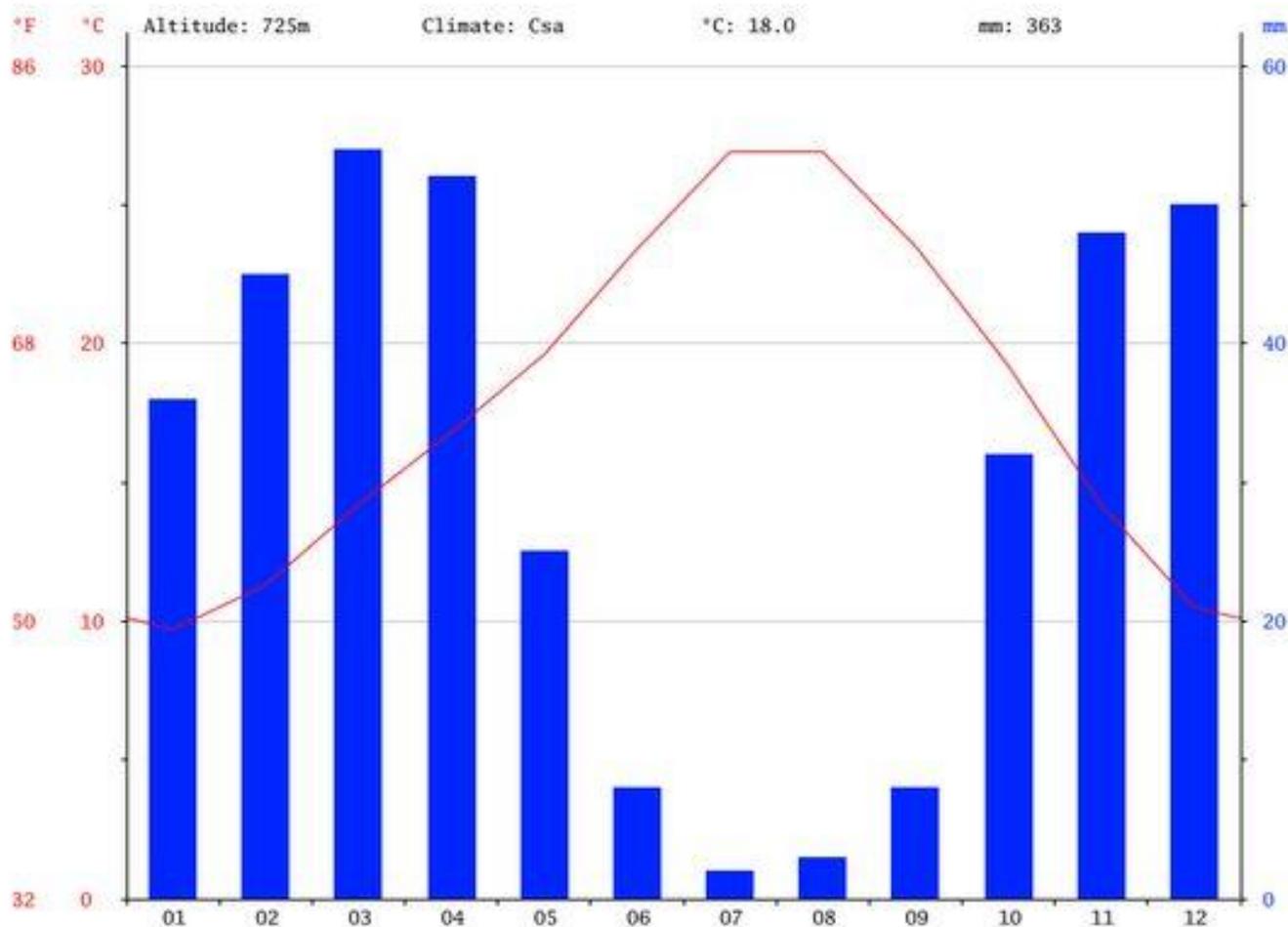


Figure 8: Climatologie de la station Zemrane charqiya (www.climate-data.org)

La différence de précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 52 mm. Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 17.2 °C. Le mois le plus chaud de l'année est celui de Juillet avec une température moyenne de 26.9 °C. Au mois de Janvier, la température moyenne est de 9.7 °C. Janvier est de ce fait le mois le plus froid de l'année. La différence de précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 52 mm. Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 17.2 °C.

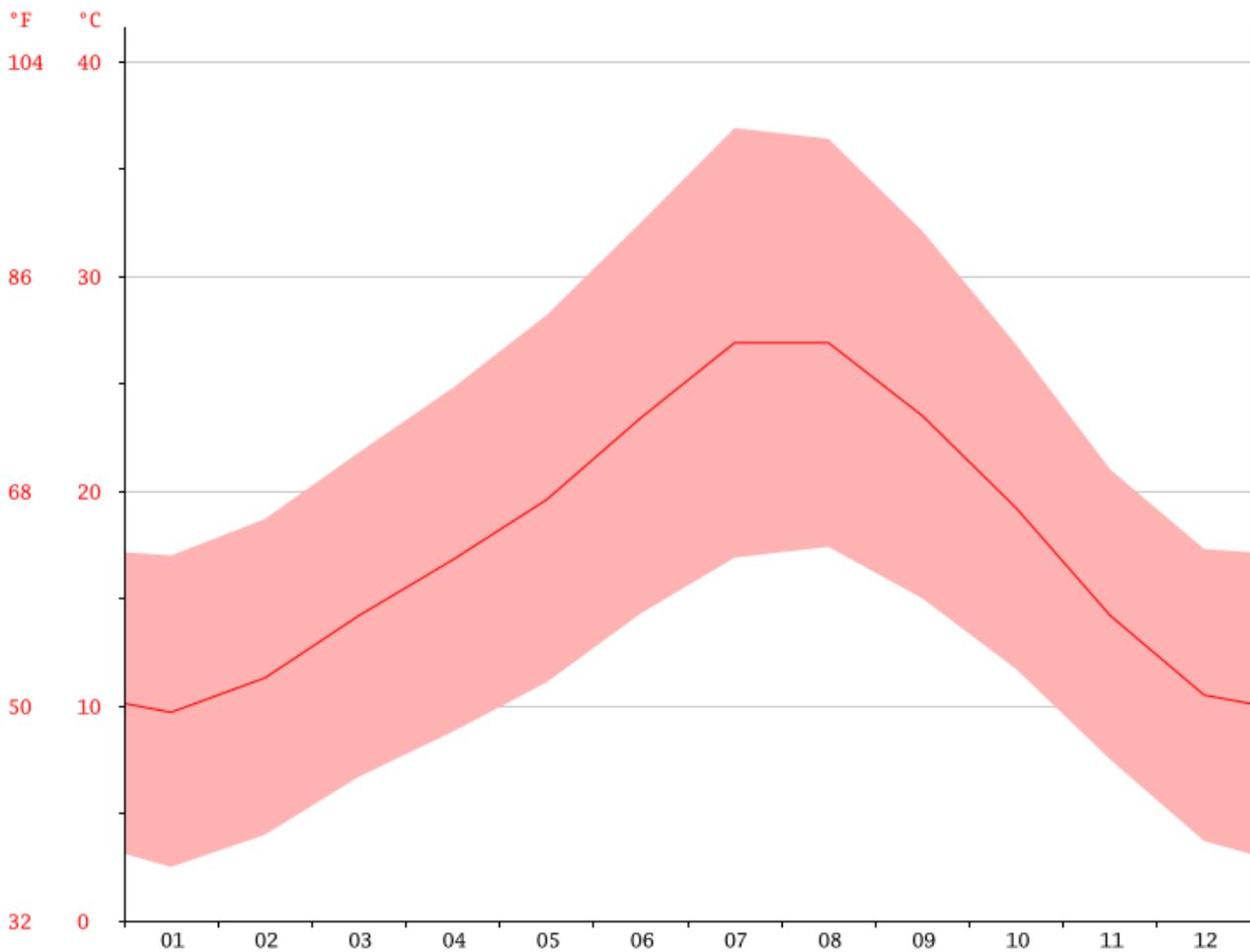


Figure 9: Courbe de température station Zemrane charqiya (www.climate-data.org).

3-Contexte géologique et géomorphologie

Le Haouz de Marrakech et le bassin de Mejjate constituent une vaste Plaine alluviale de 6000 km² environ. La Plaine du Haouz est enserrée entre les jbilat au Nord, le Haut Atlas au Sud, les premiers versants du Moyen Atlas à l'Est, et les plateaux d'Essaouira- Chichaoua à l'Ouest. Dominée au Sud par les hauts sommets de l'Atlas qui culminent à 4165m au jbel Toubkal et bordée au Nord par les reliefs mous des jbilat qui s'élèvent à 1061m, la Plaine du Haouz offre un contraste de platitude à laquelle le climat semi-aride confère un aspect steppique. La bordure Sud de la Plaine, se raccorde progressivement à la montagne dont elle reçoit les éboulis et les cônes torrentiels. Le Haouz de Marrakech est considéré comme un bassin de sédimentation modérément subsident. C'est une avant-fosse d'origine tectonique dans laquelle se sont accumulées au Tertiaire (Néogène) et au Quaternaire d'abondantes formations détritiques continentales et fluviales issues du démantèlement des chaînes atlasiques.

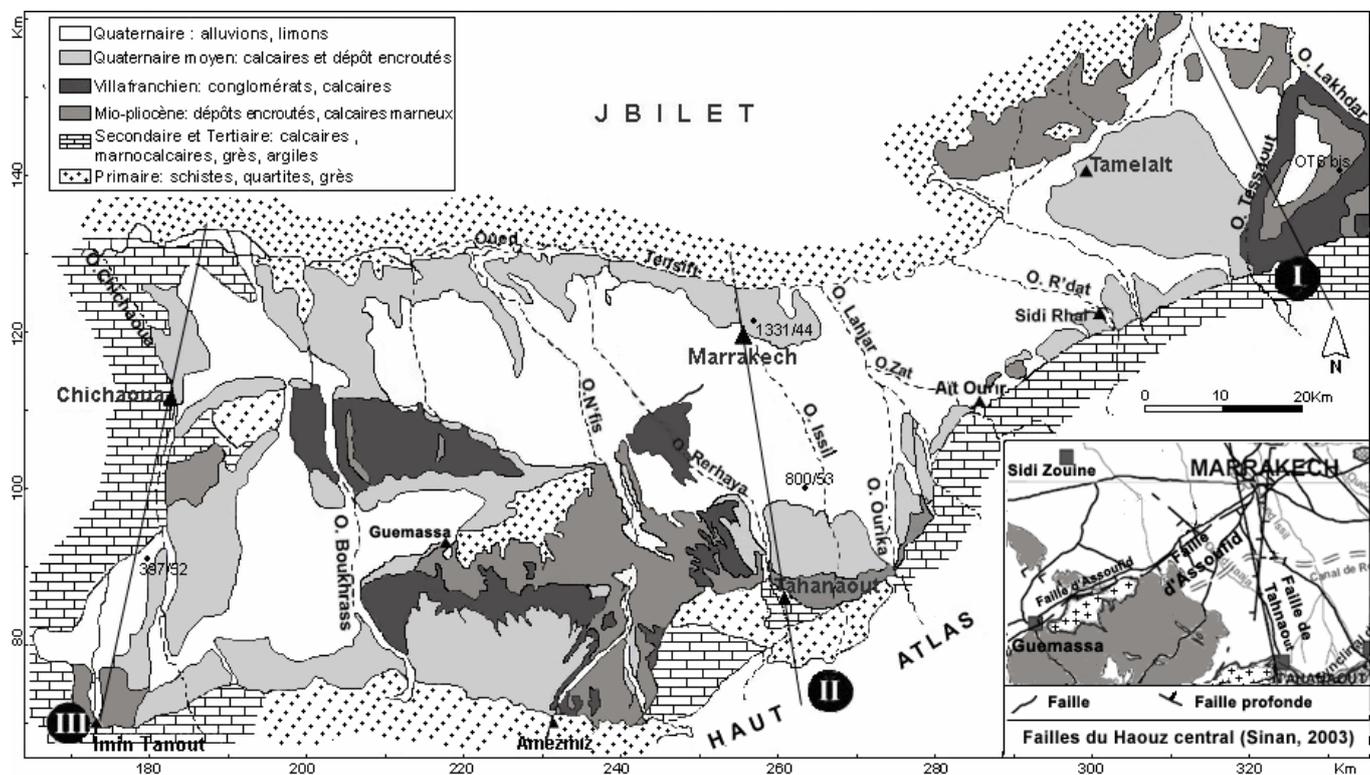


Figure 10: Carte géologique simplifiée du Haouz

Carte géologique simplifié du Haouz d'après carte géologique au 1/500000 Marrakech (in Thèse Doctorat Aahd Abouriba 2007 : Hydrogéologie de la nappe Haouz)

Tous les étages de la série géologique du Primaire au Quaternaire récent sont représentés, mais la répartition est très inégale dans le sous-sol de la Plaine (**figure 10**).

Dans le Haouz oriental (Secteur Oulad Gaïd), le socle primaire est constitué de séries schisteuses modelées par l'orogénèse hercynienne. Les couvertures secondaires et paléogènes sont déposés en discordances sur une topographie très irrégulière. Certains dépôts ont un caractère purement continental, fruit de la désagrégation mécanique des roches et d'un très court transport par gravité. La majorité des sédiments par contre a subit le transport par l'eau, charrié par un réseau hydrographique au régime torrentiel. Les sédiments sont regroupés en d'immenses zones d'épandage et sont sans cesse retaillés par les changements des cours des oueds en système parfois complexe de cônes étagés ou emboîtés aux pentes parfois fortes.

4- Ressources en eau superficielles (Hydrologie)

Le principal ouvrage de stockage sur l'Oued Tassaout est le barrage Moulay Youssef régularisant un volume de 240 Mm³/an. A environ 2 Km en aval de cette retenue, se situe le barrage Timinoutine qui assure une compensation inter - mensuelle des lâchers de l'usine hydroélectrique pour limiter les débits aux besoins agricoles. Le bassin versant de l'oued Tassaout, au droit du barrage Moulay Youssef, a une superficie de 1441 km². Cette digue en enrochement atteint 100 m de haut ; et permet la mise en valeur de 30 000 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 Moulay Youssef Timinoutine se présentent comme suit dans le **tableau n°6** :

Barrage	Superficie BV (km2)	Apports 1941- 2006 Mm3 /an	Apports 1980- 2006 Mm3 /an	% diminution
Complexe My Youssef Timinoutine	1 441	268	205	23

Tableau 6: Apports moyens annuels dans le bassin versant alimentant le barrage Moulay Youssef (ORMVAH 2008)

Le volume des apports moyens annuels du bassin versant était de 268 Mm3 et de 205 Mm3 respectivement durant les périodes 1941-2006 et 1980-2006 soit un taux moyen de diminution de 23%.

5-Ressources en eaux souterraines (Hydrogéologie)

Les eaux souterraines, essentiellement localisées dans le Haouz central (notamment dans le N’Fis et à l’aval des cônes des oueds Ourika et Zat) et dans la Tassaout-Amont. Les volumes mobilisables sont estimés globalement à 250 Mm3 environ ; alors que les prélèvements sont de 420 Mm3. Ces ressources en eau restent toutefois insuffisantes pour satisfaire les besoins en eau des cultures. En effet, les dotations brutes moyennes à l’hectare aux pieds des barrages sont très faibles ; elles sont de 6000 m3/ha irrigué (ORMVAH, 2011). Selon les données du PDAIRE relatives à la zone d’action de l’agence du bassin hydraulique d’Oum Er Rbia, on compte près de 16 000 puits et forages dans la zone couverte par la grande hydraulique, auxquels s’ajoutent plus de 15 000 puits et forages dans la zone PMH.

Le plan directeur de 2001 rapporte que les prélèvements annuels dans le secteur de la Tassaout amont s’élèveraient à 65 Mm3/an, contre 173 Mm3/an pour le Haouz Central. Compte tenu de l’augmentation générale des prélèvements dans les nappes, on peut considérer que leur niveau actuel pourrait se situer vers 75 à 80 Mm3/an.

Afin de suivre l’évolution piézométrique sur la nappe du Haouz, deux historiques ont pu être exploités pour illustrer cette évolution :

- Un premier puits situé à l'Ouest du périmètre de la Tassaout amont, montre une certaine stabilité du niveau de 1972 à 1981. Il lui fait suite une chute assez rapide du niveau, qui baisse de près de 5 m en 6 ans. A partir du début 1988, l'assèchement du puits interdit de suivre l'évolution ultérieure du niveau.
- Le deuxième localisé au Nord de la Tassaout amont, commence également par une période de relative stabilité de 1984 à fin 1999, avec une recharge visible en 1988/89 et 1989/90. Le niveau baisse ensuite rapidement de 9 m entre janvier 2000 et février 2004, puis amorce une timide remontée jusqu'en février 2006.

Ces deux historiques indiquent donc des baisses notables, plus ou moins anciennes, du niveau. Ils sont cependant trop peu nombreux pour donner une image globale de la nappe, dont on sait cependant qu'elle est soumise à de fortes baisses plus à l'Ouest.

Termes du bilan	Entrées (Mm ³ /an)	Sorties (Mm ³ /an)
Infiltration des eaux de pluie	85	–
Infiltration Oueds	65,17	–
Retour des eaux d'irrigation	250	–
Abouchement	17 ,5	–
Prélèvement irrigation	–	507
Prélèvement AEPI	–	28.3
Total	351	535

Tableau 7: Bilan de la nappe du Haouz

Le bilan de la nappe du Haouz montre un déséquilibre entre les entrées et les sorties, avec un déficit de 184 Mm³. (Tableau 7)

6-Ressource en eaux (Barrage Moulay Youssef)

6.1. Présentation générale

D'une superficie de 1.706 km², le sous bassin Tassaout fait partie du système hydrologique de l'Oued Oum Er Rbia. Il est situé en position intercalaire entre le sous-bassin de Lakhdar et le sous-bassin Larh.

Représentant environ 10,7% de la superficie du bassin Haouz-Mejjate, le sous-bassin de Tassaout relève,

dans sa partie amont, de la Province d'Ouarzazate et dans sa partie aval, de la Province d'El Kelaa Des Sraghna. Le milieu est partagé par la province du Haouz, du côté ouest, et par la province d'Azilal du côté est. Le sous bassin englobe une population totale de 173.451 (RGPH 2014).

6.2. Ressources en Eau et Usages

Ce sous-bassin est alimenté par plusieurs affluents dont les apports moyens sont évalués à 267 Mm³ /an au niveau de la station Moulay Youssef. Le sous bassin compte 2 barrages existants, Moulay Youssef et Timinoutine, et un barrage projeté (Tioughza), 2 canaux (est et ouest) et 23 séguias.

La superficie de la grande hydraulique, irriguée au sous bassin atteint 9.080 ha et celle de la petite et moyenne hydraulique est évaluée à 2.848 ha. Les sorties de la nappe au niveau du sous bassin Tassaout sont estimées en moyenne à 16,5 Mm³/an, alors que les entrées sont de l'ordre de 32,5 Mm³/an, révélant ainsi un surplus moyen de 16 Mm³/an.

6.3. Principaux Enjeux

Le sous bassin Tassaout connaît un certain retard dans la mise en œuvre des réseaux d'assainissement. La STEP d'Attaouia est en arrêt, ce qui expose à des risques de contamination des ressources en eau dans cette zone. De même que les 2 barrages Moulay Youssef et Timinoutine connaissent un taux d'envasement important.

Une grande partie de la plaine est occupée par le périmètre de la Grande Hydraulique (Tassaout amont), ce qui permet un retour relativement important des eaux d'irrigation à la nappe.

L'excédent en stock au niveau de la nappe s'écoule vers la partie nord du sous-bassin et sort par conséquent de la nappe Haouz Mejjate.

6.4. Principales caractéristiques du bassin

Superficie		1.706 km²
Altitude		560m – 2.400m NGM
Population		173.451 habitants (RGPH 2014)
Situation administrative		<u>Province Azilal</u> (5 communes): Anzou, Sidi Yacoub, Ait Oumdis, Ait Tamlil, Laattaouia <u>Province Al Haouz</u> (3 communes): Ait Aadel, Ait Hkim Ait Yzid, Abadou <u>Province d'El Kelaa Des Sraghna</u> (2 communes): Dzouz, Fraita
Pluviométrie moyenne annuelle		Station Tamesmate: 506 mm Station My Youssef: 418 mm
Apports en eau moyen annuel		Station My Youssef: 267 Mm ³
Usages de l'eau		Agriculture : 40 Mm ³ /an AEP/AEPI : 74 l/s
Bilan d'eau souterraine		Entrées moyennes: 32,5 Mm ³ /an Sorties moyennes: 16,5 Mm ³ /an Déficit moyen: 16 Mm ³ /an

Tableau 8:Caractéristiques principales du bassin

7-Pédologie

Une étude pédologique réalisée en 1951 au niveau du Haouz a montré la présence de quatre types du sol (Rouge, brun, châtain et gris) avec des textures limono-argileuses, limoneuses et limono-sableuses (Abourida, 2007) (**figure ci-dessous n°11**). Ces types sont décrits comme suit :

- Les sols rouges se trouvent à côté du centre de Tahennaout, de l'Ourika et Sidi Rehhal ainsi qu'au niveaux du Haouz oriental.
- Les sols châtain couvrent la partie centrale et orientale du Haouz.
- Les sols gris sont situés plus à l'ouest
- Les sols bruns se localisent en basse plaine.

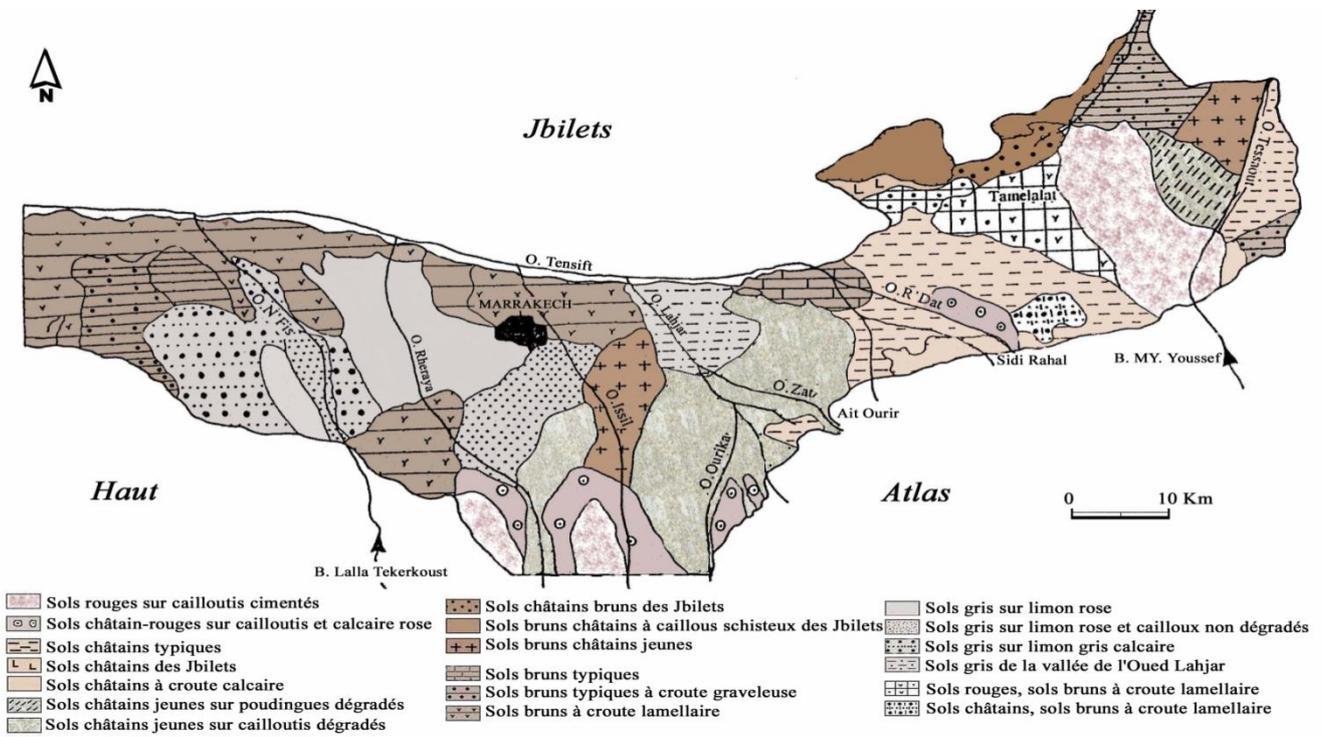


Figure 11: Carte pédologique du Haouz de Marrakech (Direction de l'Agriculture, du Commerce et des Forêts (1951).

TROISIEME CHAPITRE : ANALYSE
CRITIQUE DE LA FILTRATION AU NIVEAU
DE SECTEUR RECONVERTI OULAD GAÏD

1. Structure en réseau d'irrigation

Les eaux alimentant la Tassaout Amont sont régularisées par le barrage de Moulay Youssef et le 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. Des prélèvements sont effectués en cours par une trentaine de séguias alimentant des périmètres de PMH. Les débits prélevés sont très difficiles à évaluer et donnent lieu à des incertitudes quant au débit entrant dans le périmètre de la Tassaout Amont. Les eaux dérivées par le barrage d'Agadir Bou Achiba transitent par une galerie de 4,25 Km de longueur et 17 m³/s de débit. Cette galerie débouche dans un ouvrage appelé « point K » constitué d'un bassin de dissipation équipé d'une vanne Amil et d'une batterie de modules à masques alimentant le canal Ouest d'un côté et le canal Est d'un autre. A l'aval du seuil de prise d'Agadir Bou Achiba, la totalité des ouvrages de transport et de distribution des canaux primaires et secondaires est constituée de canaux revêtus et/ou autoportés. (Tableau n°9)

Ouvrage	Débit d'équipement (m ³ /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

Tableau 9: Caractéristiques du réseau d'irrigation de la Tassaout Amont.

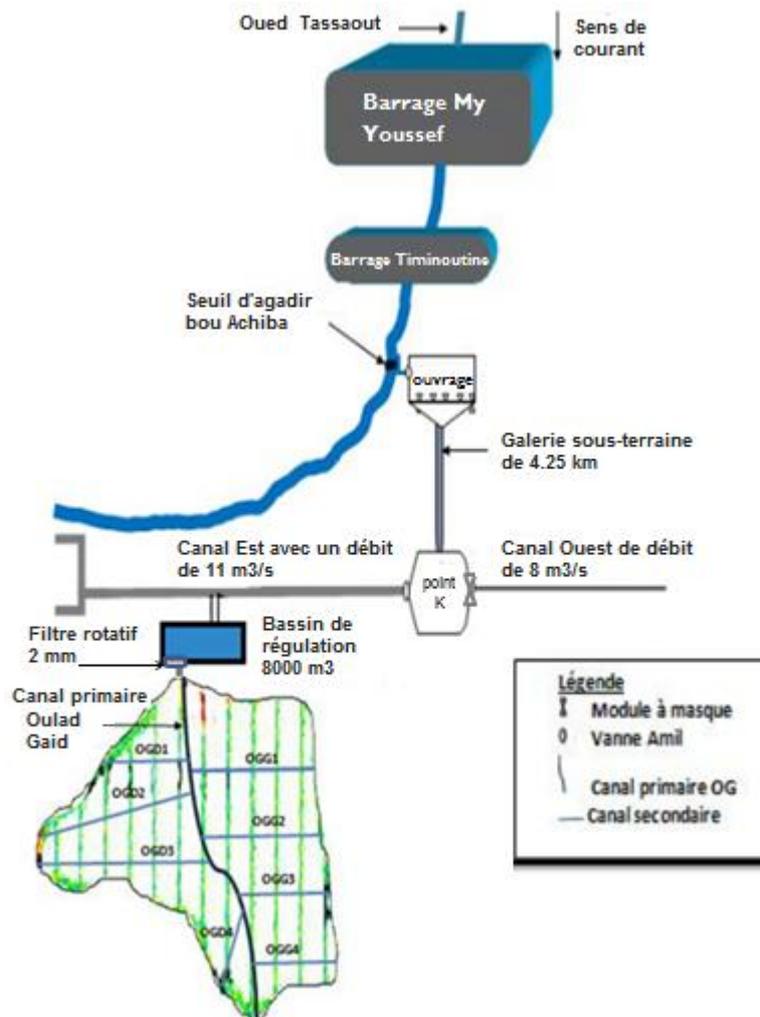


Figure 12: Schéma simplifié des aménagements hydrauliques du secteur Oulad Gaïd (Mémoire de Kabbaj & EL Mostage 2012).

Rappel à l'irrigation au secteur Oulad Gaïd

La reconversion d'un secteur alimenté par un système gravitaire (naturel) sans recours au pompage nécessite la connaissance des conditions topographique de ce secteur, Au but de choisir les parcelles ayant une altitude suffisante pour fournir la pression (au moins 2 bar) favorable à l'irrigation localisée.

Au périmètre irriguée Oulad Gaïd les parcelles alimentées par les canaux secondaire OGD1, OGD2 et OGG1 n'ont pas cette condition, ce qui exige de garder le système d'irrigation gravitaire au niveau de ces parcelles. Par contre les autres parcelles irriguées par le reste des canaux secondaire (OGG2, OGG3, OGG4, OGD5 et OGD6) sont dénivelées de 20 à 30m par rapport au bassin de régulation (**Voir annexe**). L'existence de cette différence d'altitude entre le bassin et les parcelles permet de fournir une pression de 2 à 3bar ce qui indique la réalisation de la reconversion au niveau de ces parcelles. (**Planche photos IV**).

1.1. Prise d'irrigation sur le barrage Timinoutine :

L'alimentation du périmètre se fait par des lâchers directs dans oued Tassaout. Cela se fait par le biais de deux vannes secteur : 1,2 x 1,4 m, implanté dans le corps de la digue, à la cote 779.3 m NGM, sachant que les côtes caractéristiques des niveaux de la retenue sont :

- Min normale : 784,0 m par rapport au NGM
- Max normale : 793,5 m par rapport au NGM
- Exceptionnelle : 799,75 m par rapport au NGM

1.2. Ouvrage de prise Agadir Bou Achiba

Le barrage d'Agadir Bou Achiba est constitué d'un seuil déversant en travers de l'oued Tassaout, avec une passe de dégrèvement en rive gauche. Le seuil de faible hauteur ne permet pas de constituer de réserves de stockage significatives. Des travaux de curage sont faits pour maintenir un petit volume à l'amont du seuil. L'ouvrage de prise est situé en rive gauche du barrage ; il est constitué de murs guideaux formant l'entonnoir du passage vers la prise. Il comprend les ouvrages suivants :

- Une grille de protection,
- Une vanne d'isolement
- Une vanne AVIO –250/1000
- Un bassin de tranquillisation
- Une batterie de modules à masque de 17 m³ /s,
- L'entonnement de la galerie
- L'ouvrage comprend des vidanges en amont et en aval de la vanne AVIO vers l'oued et une prise pour séguia Jdida, en rive gauche; la prise est installée en amont de la vanne AVIO.

1.3. Galerie d'adduction

Cet ouvrage fait 4,25 km de longueur. Sa section transversale a une forme de fer à cheval de section 7,2 m². Elle véhicule un débit maximal de 17 m³ /s. La galerie débouche à son aval, dans un canal principal trapézoïdal à ciel ouvert de 213 m, amenant l'eau jusqu'au point de distribution (point K) entre le canal Ouest et le canal Est.

1.4. Point K

Le point K est un ouvrage partiteur constitué par un bassin de forme hexagonale sur lequel sont installées d'une part, en tête du canal Principal Est, une vanne à niveau amont constant AMIL D 500, et d'autre part trois prises d'eau à savoir :

- La prise OGD1 ;

- La prise desservant le canal Ouest ;
- La prise OGG1 ;
- Une décharge à seuil libre se trouve aussi au niveau du bassin, elle déverse dans le canal Ouest.

1.5. Canal Ouest

C'est un canal trapézoïdal de 22,2 Km de linéaire. Il suit la ligne de plus grande pente jusqu'à Ben Faïda sur la route principale n° 24 et domine la plus grande partie du secteur intensif (7644 ha sur 13000 ha soit 60%). A environ 18 km du point K se débranche un tronçon primaire dit « Ouled Maazouz » (long de 2,54 km) assurant la desserte de l'extrémité ouest du secteur Bouïda et la réalimentation du secteur Soultania aval.

1.6. Bassin de régulation

C'est un bassin qui sert à délimiter le temps de réponse du réseau à la demande en eau d'irrigation des agriculteurs. Cet ouvrage se localise au droit de la prise Oulad Gaïd sur le canal Est avec un volume de 8000 m³. Ce qui le donne de jouer les deux fonctionnalités : régulation et décantation. Cette dernière se fait par un décanteur sans raclage mécanique vu que la superficie du 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. (voir figure 13).

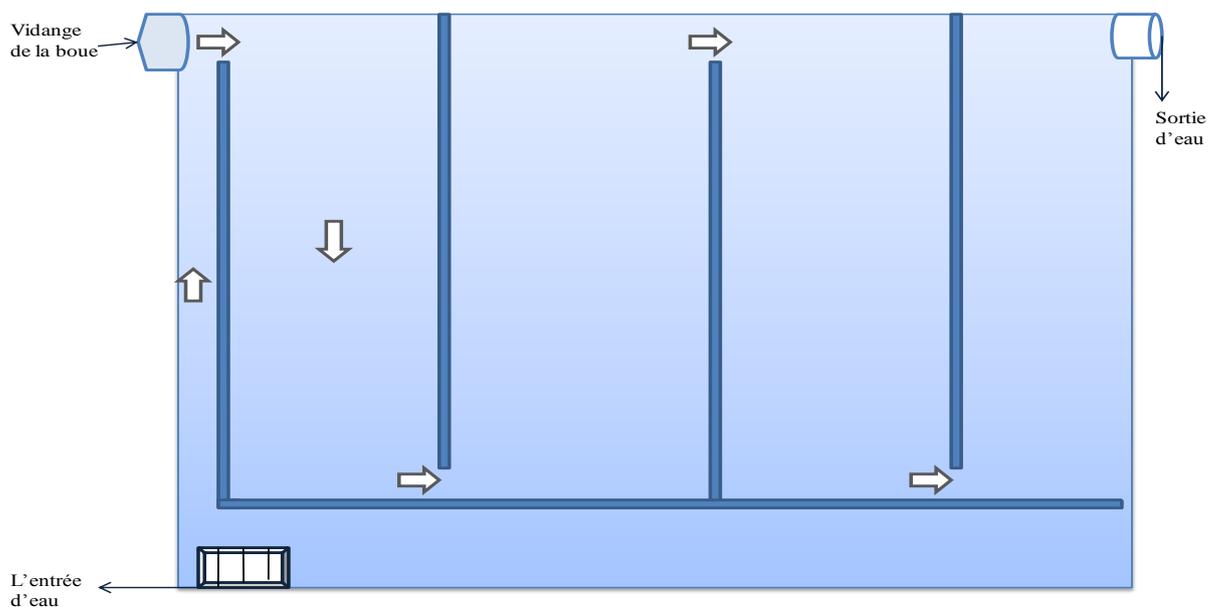


Figure 13: Schéma simplifié du bassin de régulation

1.7. Canal Est

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.



A: Canal Est

B: Canal Ouest

**C: Le seuil d'Agadir
Bou Achiba**

D: Point K

Planche photos IV: aménagements hydrauliques du secteur Oulad Gaïd.

2. La filtration et ces différentes types dans l'irrigation localisée

Le choix d'un filtre se fait en fonction de : - la qualité de l'eau, eau de forage ou eau de surface, - le besoin en filtration des distributeurs, goutte à goutte ou micro-asperseur. Pour répondre aux besoins de chaque situation, différents types de filtres existent : filtres à sable, filtres à tamis, filtres à disques. En option, on

peut choisir des dispositifs automatisables pour simplifier les opérations de nettoyage. Dans certaines situations, une pré-filtration est nécessaire.

Il ne faut pas négliger le poste « filtration » ! La durée de vie du matériel de distribution et la qualité des irrigations en dépendent ! 5 bonnes raisons de « sur-dimensionner » sa filtration :

- ✚ Une filtration surdimensionnée provoque moins de pertes de pression.
- ✚ Certaines eaux obligent à intervenir trop souvent pour nettoyer le filtre.
- ✚ Cela donne de la souplesse si l'on veut augmenter la surface irriguée.
- ✚ La qualité de l'eau peut s'aggraver dans le temps (eaux de surface).
- ✚ On limite le risque de bouchage et réduit l'entretien de l'installation.

Dans certaines situations une pré-filtration est nécessaire :

Lorsque l'eau vient directement du milieu naturel, une crépine est indispensable en tête. Elle empêche la pénétration de corps étrangers pouvant obstruer les canalisations et faire des dégâts dans la pompe ou les réducteurs de pression (**voir la figure n°14**). La taille de la maille est d'environ 5 mm. Dans le cas d'un forage, c'est le tubage du forage qui joue ce rôle.

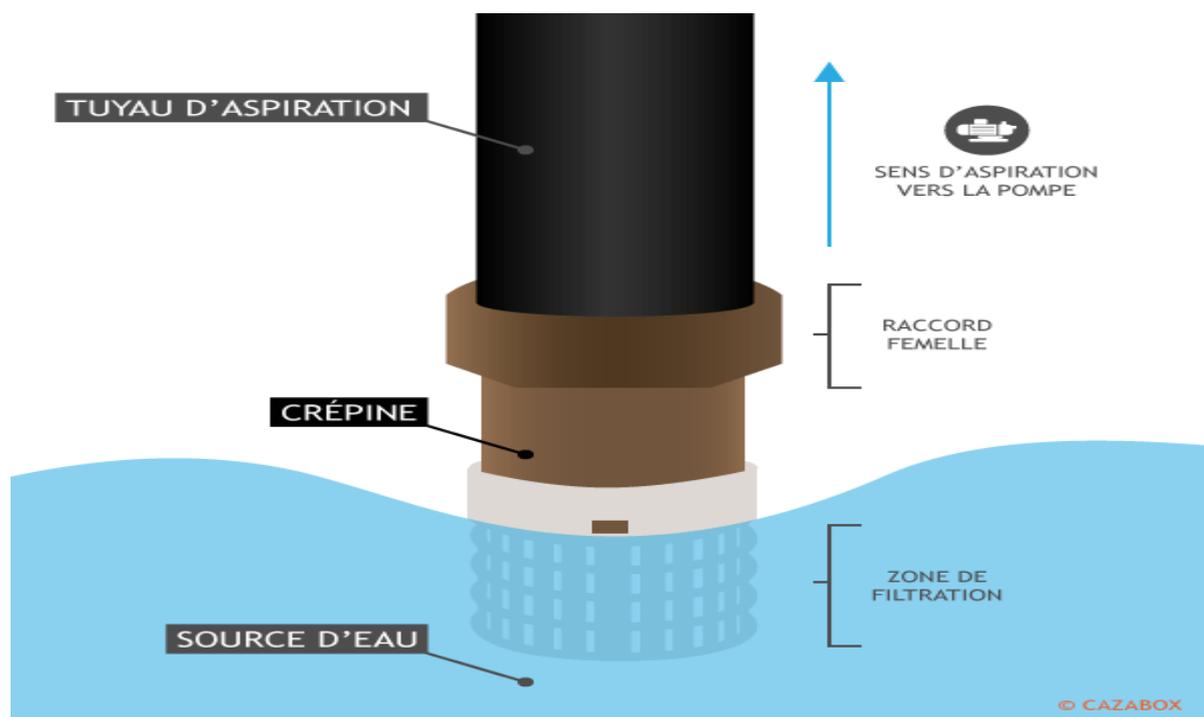


Figure 14: Schéma d'une crépine dans une situation de pré-filtration (www.cazamag.com)

Il permet d'éliminer le sable sur les forages lorsqu'ils en produisent beaucoup. Il est à placer en tête du réseau et ne sera efficace que s'il fonctionne à son débit nominal pour que les particules atteignent la vitesse suffisante pour être évacuées par centrifugation. La taille de l'hydro-cyclone (**figure n°15**) est à choisir en fonction du débit nécessaire.

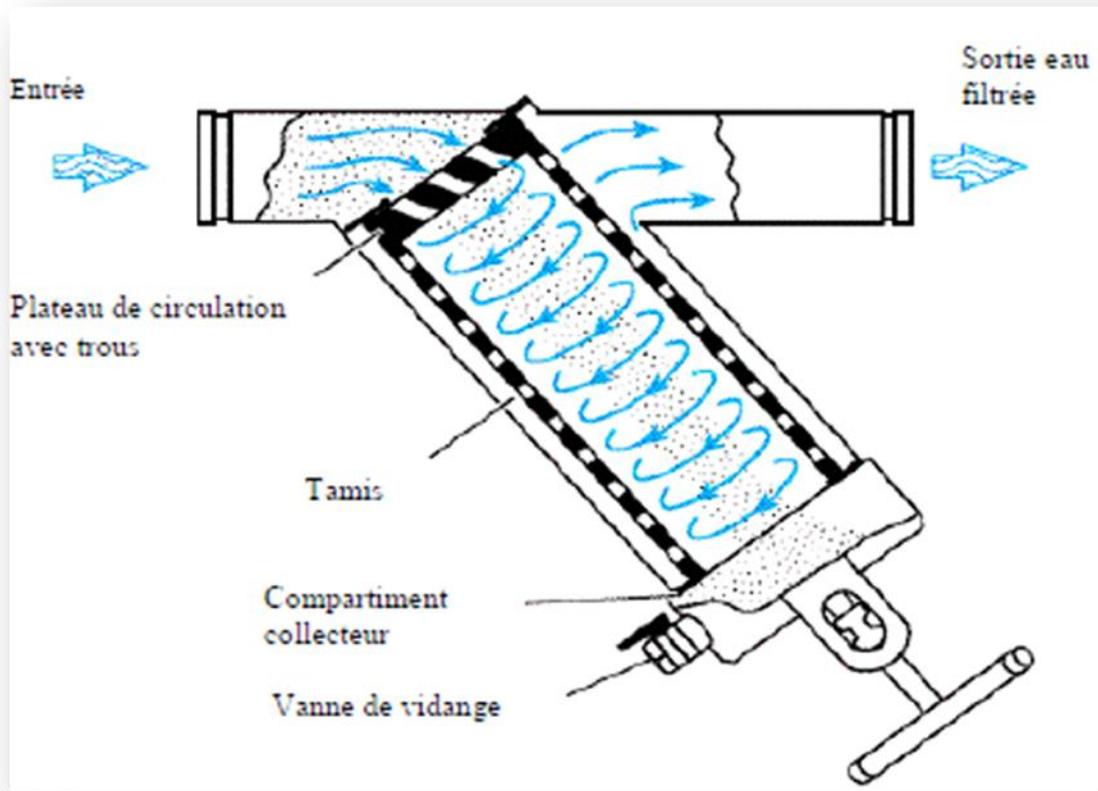


Figure 15: Schéma du fonctionnement d'un filtre hydro-cyclone.(www.serresvalde Loire.com)

2.1. Classification de la qualité Des eaux pour bien choisir son filtre

Bonne qualité :

- ❖ Eau provenant d'une nappe souterraine à débit régulier ou d'un puits entretenu.
- ❖ Eau à faible concentration en carbonate de calcium (< 50 mg/l) ou à faible teneur en fer ($< 0,1$ mg/l)

Qualité moyenne :

- ❖ Eau de surface avec décantation naturelle (canal, réseau).
- ❖ Eau à faible développement biologique avec moins de 100 mg/l de carbonate de calcium et une teneur en fer inférieure à 1,5 mg/l.

Mauvaise qualité :

- ❖ Eau de réservoir à fort développement biologique, d'algues...
- ❖ Eau de canaux, rivières, réseaux après période de crues ou de fortes pluies (forte teneur de matière en suspension), Eau de puits détérioré.
- ❖ Eau à concentration en carbonate de calcium supérieur à 100 mg/l ou à teneur en fer supérieure à 1,5 mg/l

2.2. Les critères d'appréciation

La turbidité :

- ✚ une eau claire sans particule visible ; elle est considérée comme une eau faiblement chargée. Elle peut provenir d'un réseau, d'un forage, d'un puits, ...
- ✚ une eau d'apparence trouble avec des particules en suspension ; elle est considérée comme une eau chargée. Elle peut provenir d'une eau de surface ou de bassin.

La sédimentation :

Prélever de l'eau du réseau dans un récipient transparent et d'au moins 15 cm de haut, agiter, puis laisser reposer. Si au bout d'une minute, un dépôt s'est formé, l'eau contient des particules supérieures à 50 μ , soit au moins des sables fins.

La précipitation d'éléments minéraux en solution :

Le fer et Le calcium peuvent précipiter (dépôts de rouille, de calcaire). Si le calcaire peut être re-dissout par des traitements à l'acide, le fer, par contre, pose de gros problèmes. Précipité, le fer est presque impossible à ré-dissoudre. Il favorisera le développement de bactéries qui forment des gels bouchant totalement le réseau ! Dans un secteur où l'eau est réputée chargée en fer, l'analyse d'eau réalisée par un laboratoire, est nécessaire et un conseil spécifique indispensable pour préciser la faisabilité de l'irrigation localisée.

2.3. Les différents types de filtration

2.3.1. Le filtre à sable

Il est préconisé en situation à risque de colmatage important, c'est-à-dire avec des distributeurs à faible débit (goutte à goutte, micro-aspersion). Le filtre à sable se compose d'une cuve en acier, capable de résister à la pression du réseau (8 ou 10 bar). Elle est remplie de sable ou de gravier au 2/3 de son volume. Lorsque les eaux sont chargées, son volume de stockage des particules est le plus important : c'est le filtre qui se colmate en dernier. Le filtre à sable est toujours suivi d'un filtre à tamis ou d'un filtre à disques pour compléter la filtration. Selon l'objectif de filtration, on choisit la granulométrie du sable. Deux exemples : - Un sable de 1,35 mm pour filtrer jusqu'à 200 m. - Un sable de 0,95 mm pour filtrer jusqu'à 130 m. On préférera les filtres à granulométrie unique. Dans les filtres avec des couches de granulométrie différente, celles-ci ont tendance à se mélanger lors des contre-lavages et perdent toute efficacité.

Débit (m ³ /h)	3 à 11	10 à 18	14 à 24	20 à 40
Dénomination du filtre	1''1/2	2''	2''	3''
Ø minimum de la cuve (mm)	400	500	600	750

Tableau 10: Dimensionnement du filtre à sable

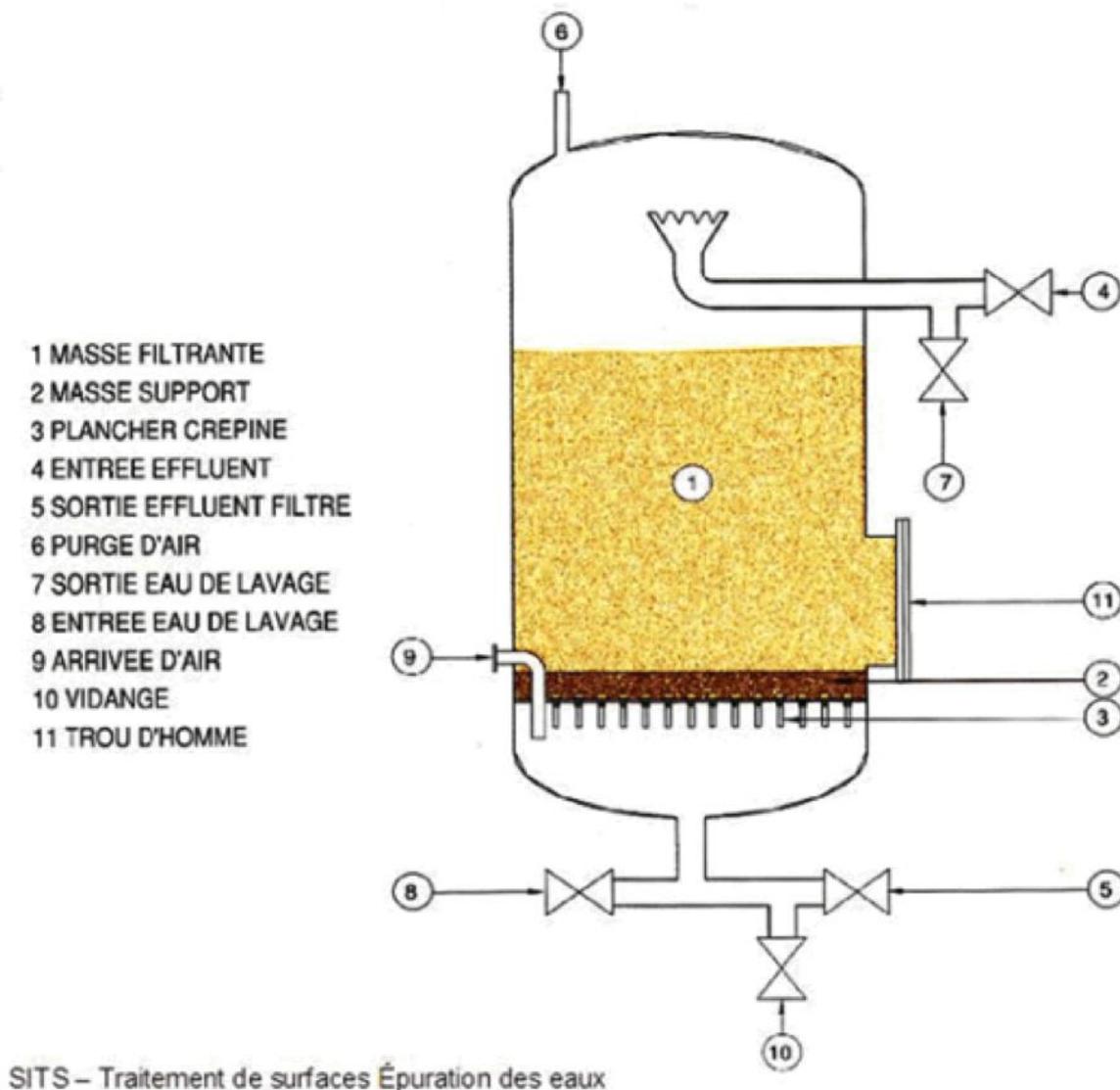


Figure 16: Schéma d'un filtre à sable (www.hmf.enseeiht.fr)

Au fur et à mesure de la filtration, les particules retenues vont entraîner un colmatage du lit et donc une augmentation des pertes de charges et une perte de l'efficacité de filtration. A partir d'une certaine perte de charge, une phase de rétro lavage va s'imposer. **(figure n°16)**

La phase de rétro lavage consiste à fluidiser le lit de sable par l'injection d'eau et d'air à contre-courant. La fluidisation entraîne l'expansion du média filtrant et donc la séparation des particules et l'augmentation de la porosité du milieu. Les petites particules retenues dans le média filtrant durant la phase de filtration

ayant une vitesse de sédimentation (ou vitesse terminale de chute libre) inférieure à celle des grains de sable sont emportées à la surface. L'eau de lavage chargée de ces particules en suspension est récupérée par une goulotte située au dessus du lit de sable.

2.3.2. Le filtre à tamis

Le filtre à tamis se compose d'un « corps » en plastique ou en acier et d'un tamis en forme de cylindre. L'élément filtrant du tamis est une toile inox ou plastique. L'inox a une bonne résistance mécanique ; le plastique, plus fragile, est moins coûteux. Les fabricants proposent une gamme de filtration de 80 à 800 microns. D'un montage simple, il s'installe directement sur la conduite en respectant le sens de montage indiqué par une flèche. La partie filtrante est facilement accessible pour son entretien, à condition d'avoir prévu l'espace nécessaire en dessous pour dégager la cartouche. Le filtre à tamis reste le moins cher des filtres pour les petits modèles.

Débit (m³/h)	Filtration < 150 m	10	15	30	40
	Filtration > 150 m	15	30	40	80
Dénomination du filtre (1)		1''1/2	2''	3''	4''

Tableau 11: Dimensionnement du filtre à tamis.

2.3.3. Le filtre à disques

Le filtre à disques, aussi appelé filtre à lamelles, est constitué d'un « corps » en plastique renforcé ou en acier contenant un empilement de disques en polypropylène dont la surface est rainurée. Les particules sont stoppées par les multiples intersections des rainures. Le filtre à disques possède une plus grande capacité de stockage des particules qu'un filtre à tamis. Sans automatisation ou autre option, le coût d'un filtre à disques reste modéré.

Débit (m³/h)	Filtration < 150 m	5	15	30	35
	Filtration > 150 m	12	25	50	60
Dénomination du filtre (1)		1''1/2	2''	3''	4''

(1) Elle correspond au diamètre de la bride de raccordement du filtre

Tableau 12: Dimensionnement du filtre à disque

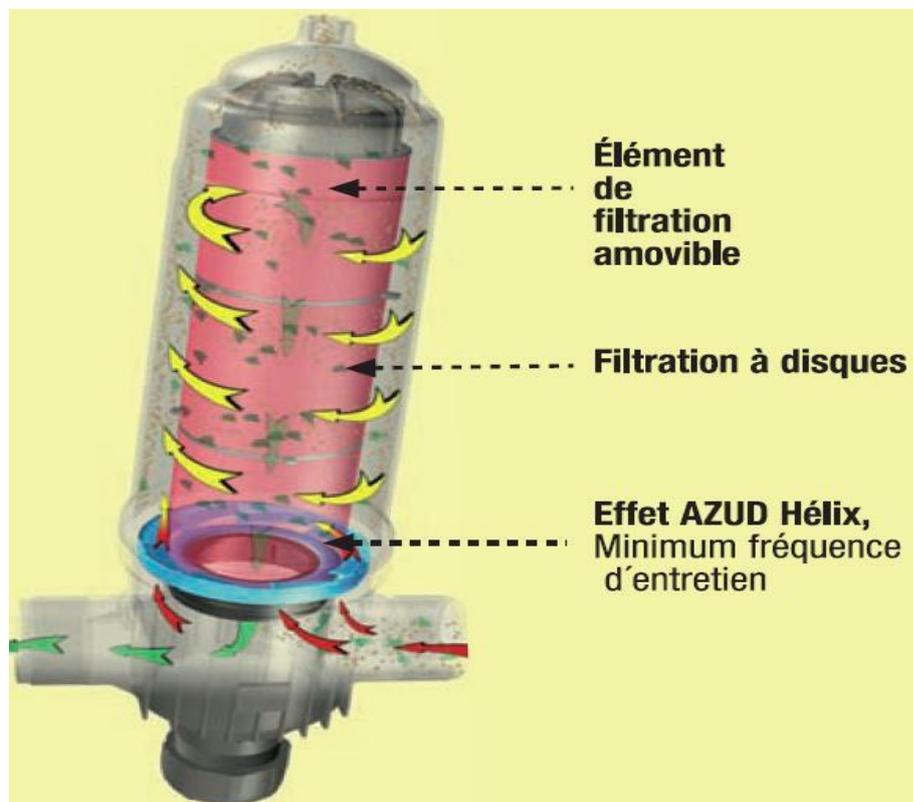
2.4. Technologie de filtration à disques

2.4.1. Caractéristiques standard

- Filtration de particules solides de la taille de quelques microns.
- La conception innovante du disque permet de retenir une grande quantité de particules solides.
- Une longue durée de vie avec un entretien et un nettoyage minimum.
- Les éléments composant le système sont montés en usine et prêts à l'utilisation.

2.4.2. Principe de fonctionnement

Le système de filtration utilise une technologie de filtration à disques de conception unique. Les disques fins en polypropylène comportent, de chaque côté, des rainures diagonales de la taille de quelques microns. Une série de disques est empilée sur un élément spécial. Les rainures destinées à retenir les impuretés se font face créant ainsi un élément de filtration efficace. L'élément filtrant se trouve dans un corps plastique résistant à la pression et à la corrosion. Lors du processus de filtration, les disques sont empilés étroitement et compressés ensemble par l'action d'un ressort et de la pression différentielle, offrant ainsi une qualité élevée de rétention de particules. La filtration s'effectue au moment où l'eau s'écoule de l'extérieur vers l'intérieur de l'élément. Selon la taille (en microns), il y a entre 18 (pour les disques de 400 microns) et 32 (pour les disques de 20 microns) points d'arrêt sur chaque rainure, assurant ainsi une filtration en profondeur.



La filtration a pour seule fonction d'arrêter les particules en suspension et non de traiter l'eau (contre bactéries, fer, calcaire, éléments dissous ...).

Quelque soit le type de filtre :

- ❖ Les débits indiqués dans les tableaux sont des débits à ne pas dépasser !
- ❖ Un montage de plusieurs filtres montés en parallèle permet de procéder au nettoyage sans interrompre la filtration.
- ❖ La capacité de filtration doit être d'au moins 1,5 fois le débit à filtrer.

Exemple : si l'installation a un débit de 10 m³/h, le débit du filtre doit être d'au moins 15 m³/h On passera à 2,0 voire 2,5 fois le débit à filtrer avec une eau très chargée.

	Taille Des orifices (mm)	finesse De filtration (microns)
Gaine	< 0,8	80 à 100
Goutte à goutte	< 0,8	100 à 150
Mini-diffuseurs	0,8 à 1,2	150 à 200
Micro-asperseurs	1 à 1,8	200 à 400
Mini-asperseurs	1,8 à 3	400 à 800

Tableau 13: Finesse De filtration Doit être adaptée au matériel de distribution.

- ✚ En aucun cas, l'automatisation ne dispense d'un filtre à sable en amont, pour les eaux très chargées.
- ✚ On peut être amené à faire évoluer sa filtration. Il faut alors avoir prévu la place (rajout d'un filtre à sable, pose de filtres en parallèle, ...).
- ✚ On peut parfois hésiter entre : - Automatiser : cela peut être compliqué et cher. - Surdimensionner : c'est plus simple, mais pas toujours suffisant. C'est un calcul économique à faire avec l'installateur !
- ✚ Bien s'assurer de la qualité de son eau.

2.5. Entretien et contrôle Des filtres

✓ Introduction

En fonctionnement normal, un filtre va se colmater au fil Du temps. il faut Le nettoyer quand il provoque une baisse De pression De plus De 0,5 bar. il est Donc impératif De prévoir Des prises « manomètre » avant et après Le filtre, et De contrôler La pression régulièrement Lorsque L'installation est en fonctionnement

Si les nettoyages manuels d'un filtre deviennent trop fréquents (plus de 2 à 3 fois par semaine), il faut envisager leur automatisation. On programme le nettoyage par différence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre. Quand on connaît bien son installation et que l'on est sûr qu'il n'y a pas de variation rapide de la qualité de l'eau, on peut envisager une programmation à heure ou fréquence fixe, quel que soit le niveau de colmatage du filtre..

✓ Le filtre à sable

Le contre-lavage

Le contre-lavage est le seul moyen pour nettoyer un filtre à sable. Le bon réglage de la vanne de contre-lavage doit être vérifié avec l'installateur pour ne pas risquer d'entraîner le sable à l'extérieur.

L'état du sable à surveiller

Il est recommandé de faire un contrôle visuel annuel de l'état du sable. Le changer environ tous les 3 à 5 ans ou plus fréquemment s'il reste sale après un lavage ou s'il s'agglomère en formant des « paquets »

Niveau du sable

De temps en temps, remettre, si nécessaire, du sable jusqu'au niveau préconisé par le fabricant.

✓ le filtre à tamis

Les filtres les plus simples sont à démonter pour être nettoyés manuellement (brosse + jet d'eau).

Les filtres les plus sophistiqués sont équipés :

- ✓ D'une brosse qui tourne dans le tamis et d'une vanne de vidange,
- ✓ Et/ou d'un système d'aspiration (buses) des particules ,
- ✓ Ou d'un système de décantation par effet cyclonique. L'ensemble peut être automatisable.

Quel que soit le mode de nettoyage, il faut démonter le filtre complètement, au moins une fois pas an, pour vérifier l'état du tamis. Lors d'un colmatage excessif, la trop forte pression sur le tamis peut provoquer sa déformation ou son déchirement.

✓ le filtre à disques

Le lavage manuel

L'empilement de disques (cartouche) est retiré de son corps, les disques sont désolidarisés sur leur axe pour les nettoyer au jet haute pression ou par trempage (12 à 24 h) dans l'eau de javel s'il y a présence d'algues. Il est conseillé de disposer d'une seconde cartouche de disques

Le contre-lavage manuel ou automatique

Le mouvement inverse de l'eau provoque le relâchement des disques pour libérer les particules vers la vidange. C'est plus efficace qu'un simple lavage manuel et facilement automatisable pour les nettoyages fréquents.

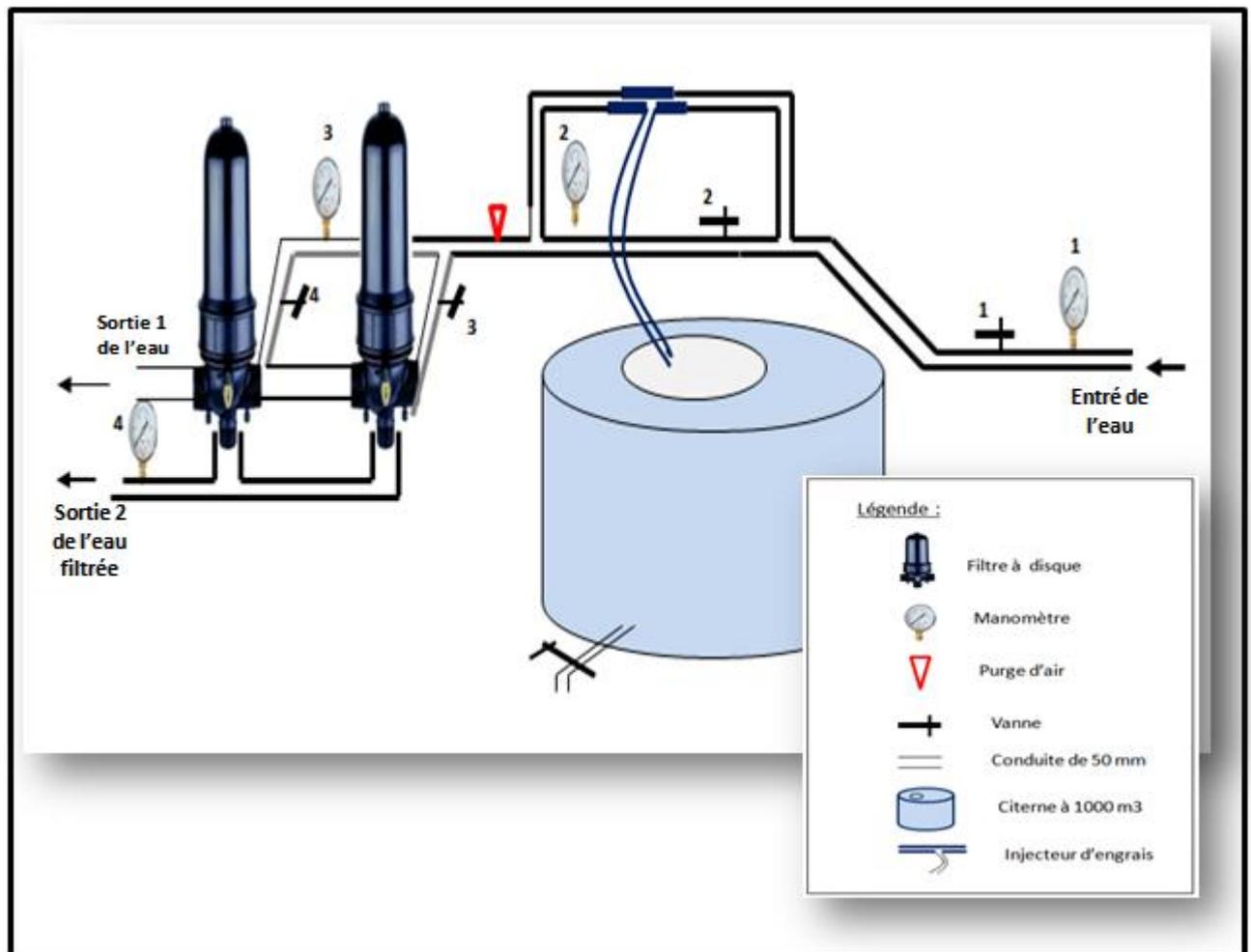


Figure 18: Schéma simplifié d'une station de filtration utilisée dans une parcelle au secteur Oulad Gaïd

D'après la parcelle visitée le jour de la sortie (16/05/2018) au secteur Oulad Gaïd, la station utilisée au niveau de cette parcelle et sous forme d'une petite chambre équipée par deux filtres à disque, quatre manomètres, quatre vannes, une citerne de 1000 m3, injecteur d'engrais, et des conduite à 50mm.

La station se fonctionne comme suit :

L'entrée de l'eau à la station se fait par une prise bloc située devant la parcelle, cette prise prend l'eau par un canal tertiaire souterraine alimentée par une autre secondaire.

- Le manomètre 1 mesure la pression de l'eau entrée à la station (souvent 2 à 3 bar)
- Vanne 1 : c'est une vanne de décharge (ou soupape de sécurité) réglée automatiquement. Au cas où la pression de l'eau entrée dépasse 4bar cette vanne transforme l'eau dans une autre conduite en dehors la chambre.

Une pression inférieure à 2 bar n'assure pas une correcte circulation de l'eau dans les tuyaux du goutte à goutte (et surtout dans les zone situées à l'extrémité de la parcelle).

Une pression supérieure à 4bar n'assure pas une bonne filtration de l'eau, à cause de la force du débit d'eau, ce dernier passe par le filtre sans filtration.

- Citerne à 1000 m³ : il s'agit d'une citerne d'engrais (liquide) branchée avec la conduite par un injecteur d'engrais. Utilisée aussi pour laver manuellement les disques du filtre.
- Manomètre 3 : c'est pour juger l'état du filtre. au cas où le manomètre marque une valeur supérieur ou égale à 4bar l'eau sort automatiquement par une vanne de décharge en dehors la chambre. il s'agit du colmatage du filtre, à ce moment là l'agriculteur active le 2ème filtre et lave celui qui est colmaté.

3. Qualité d'eau d'irrigation

3.1. Les normes de la qualité des eaux destinées à l'irrigation.

Les eaux utilisées pour l'irrigation font l'objet d'une réglementation qui fixe des interdictions et des autorisations conditionnelles, et impose certains équipements. L'utilisation de l'eau de pluie récupérée et des eaux usées traitées est autorisée sous certaines conditions. Ces ressources permettent de réduire l'utilisation de l'eau potable issue de traitements coûteux. La normalisation détermine les matériaux à utiliser, les caractéristiques des différents composants, leur mise en œuvre et des règles de calcul.

L'eau utilisée pour l'irrigation des espaces verts peut provenir :

- du réseau d'eau potable ;
- du réseau d'eau d'irrigation sous pression ou à surface libre ;
- du réseau d'eau brute industrielle ou recyclée ;
- d'une ressource individuelle telle que rivière, forage, puits, lac, retenue collinaire ou réservoir d'eau.

Si elle ne provient pas du réseau public, l'eau d'irrigation doit faire l'objet d'une analyse physico-chimique. Sa nature est prise en compte dans le choix des végétaux et du système d'arrosage.

De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies afin de :

- protéger le public et les ouvriers agricoles ;
- protéger les consommateurs des produits agricoles ;
- protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- protéger le matériel d'irrigation ;
- maintenir des rendements acceptables ;

Selon l'arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre Chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n° 1276-01 du 10 chaâbane 1423 (17 octobre 2002) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

N	PARAMETRES	VALEURS LIMITES
Paramètres bactériologiques		
1	Coliformes fécaux	1000 / 100 ml "
2	Salmonelle	Absence
3	Vibron Cholérique	Absence
PARAMETRES PARASITOLOGIQUES		
4	Parasites pathogènes	Absence
5	Œufs, Kystes de parasites	Absence
6	Larves d'Ankylostomides	Absence
7	Fluococercaires ·Schistosorna hoematobium	Absence
PARAMETRES TOXIQUES		
8	Mercure (Hg) en mg/ l	0,001

9	Cadmium (Cd) en mg/l	0,01
10	Arsenic (As) en mg/l	0,1
11	Chrome total (Cr) en mg/l	0,1
12	Plomb (Pb) en mg/b	5
13	Cuivre (Cu) en mg/ l	0,2
14	Zinc (Zn) en mg/ 1	2
15	Selenium (Se) en mg/l	0,02
16	Fluor (F) en mg/ 1	1
17	Cyanures (CN -) en mg/l	–
18	Phénols en mg/l	3
19	Aluminium (Al) en mg/l	–
20	Béryllium (Be) en mg/l	0, 1
21	Cobalt (Co) en mg/l	0,05
22	Fer (Fe] en mg/l	5
23	Lithium [Li] en mg/l	2,5
24	Manganèse (Mn) en mg/ 1	0,2
25	Molybdène (Mo) en mg/l	0,01
26	Nickel (Ni) en mg/l	0,2
27	Vanadium (V) en mg/l	0, 1
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES		
28	Salinité totale (STDI mg/l)	7680
	Conductivité électrique (CE) mS/cm	12

29	Infiltration :	
	le SAR***=	CE
	0-3	< 0,2
	3- 6	< 0,3
	12 – 20	< 0,5
	20 – 40	<1,3
IONS TOXIQUES (affectant les cultures sensibles)		
30	<u>Sodium (Na)</u>	
	Irrigation en surface (SAR***)	9
	Irrigation par aspersion (mg/l)	69
31	<u>Chlorure (Cl)</u>	
	Irrigation de surface	350
	Irrigation par aspersion (mg/l)	105
32	Bore (B) (mg/l)	3

EFFETS DIVERS		
33	Température (°C)	35
34	pH	6.5-8.4
35	Matières en suspension en mg/l	
	• Irrigation de surface	2000
	• Irrigation par aspersion (mg/l)	130
36	Azote nitrique (N-No3-) mg/l	30

37	Bicarbonate (HC03 -) (Irrigation par aspersion en mg/l]	518
38	Sulfates (SO4 --) en mg/l	250

Tableau 14: Normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.(www.eau-tensift.net)

* 1.000 CF/100 ml pour les cultures consommées crues.

** A partir d'une conductivité électrique de 3mS/cm, une eau nécessite des restrictions sévères pour l'irrigation, mais des rendements de 50% du rendement potentiel peuvent être réalisés avec des eaux de 8,7 mS/cm (cas de l'orge)

***SAR= sodium absorption ratio ((coefficient d'absorption du sodium). (1) Contrôlés uniquement lorsque l'eau concernée est susceptible d'être atteinte par une eau usée. (2) CE = conductivité électrique

3.2. Méthodes d'analyse des eaux

3.2.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu. Cette mesure a été effectuée à l'aide d'un Conductivimètre (**Annexe**) étalonné par une solution KCl (0,01 N).

3.2.2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène (ou pH) mesure l'activité chimique des ions d'hydrogène (H+) en solution, il représente une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau. Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (**Annexe**).

3.2.3. Bilan ionique de l'eau

L'analyse chimique des eaux d'irrigation permettra d'évaluer la concentration des sels dissous par le dosage volumétrique de ces ions (les chlorures **Cl**, les bicarbonates **HCO3**, les carbonates **CO3**, le calcium **Ca**, le magnésium **Mg** et les sulfates **SO4**) et par Spectrophotomètre à flamme pour le sodium **Na** et le potassium **K**.

1. -Les chlorures :

Le dosage des ions Cl^- se fait par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3 , 0.02N) en présence de chromate de potassium (KCrO_4), Les chlorures vont se précipiter sous forme de chlorure d'Argent (AgCl). (figure

2. Calcium :

Le dosage du calcium se fait par complexométrie en présence de la soude (NaOH), le murexide comme indicateur coloré et nous titrons par l'acide éthylène diamine tétra acétique (E.D.T.A.) (**Annexe**).

3. Magnésium :

Les ions Mg^{2+} sont dosés par complexométrie (E.D.T.A) après l'ajout de la solution tampon et le NET comme indicateur coloré (figure

4. Carbonates et bicarbonates

Le dosage des HCO_3^- se fait par acidimétrie à l'aide d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 à 0.02N en présence de l'indicateur coloré le vert de Bromocrésol dans la solution des carbonates (**figure 17**)

5. Sulfates

Après l'ébullition et en présence des chlorures de baryum (BaCl_2), les ions SO_4^{2-} sont titrés par un complexon (E.D.T.A).

3.2.4. Matière en suspension

- Définition

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels. Leur effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part. Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments.

- Méthode d'analyse

La mesure de la quantité de matière en suspension dans les 3 cas de prélèvement se fait dans laboratoire de l'ORMVAH par les étapes suivantes :

- Noter le poids des 3 béchers utilisés pour la mesure
- Mettre 25 ml de l'eau prélevée de chaque échantillon dans le bécher
- Laisser les béchers dans l'étuve de POUPINEL (le four Pasteur) pendant 24h
- Après 24 h on sort les béchers et on les met dans un Dessiccateur (un équipement servant à protéger des substances contre l'humidité)
- On mesure le poids à nouveau du bécher et on le note
- On fait la soustraction entre les deux résultats obtenus

- Exemple de calcul

➤ F2

Masse du bécher vide après séchage dans le four pasteur à 100 c°	Masse du bécher rempli par 25 ml de la solution après 24h d'incubation dans le four de pasteur à 100 c°
32,275 g	32,278 g

$$\begin{aligned} \Delta m &= 32,278 \text{ g} - 32,275 \text{ g} \\ &= 0,003 \text{ g} \\ &= 3 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$3 \text{ mg} \longrightarrow 25 \text{ ml} \quad (\text{volume inséré pour effectuer l'analyse})$$

$$X \longrightarrow 1000 \text{ ml} = 1\text{L}$$

$$X = 120 \text{ g}$$

Donc

$$\text{MES} = 120 \text{ mg/L}$$

4. Discussion et interprétation

❖ pH :

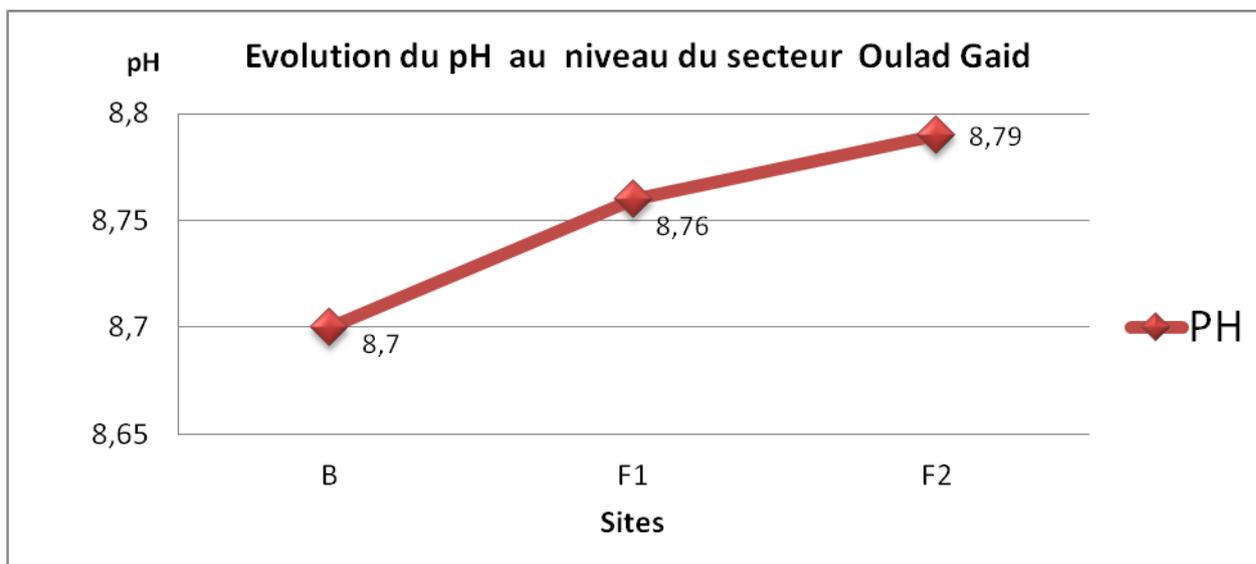


Figure 19: courbe du pH des eaux de surface du secteur Oulad Gaid

Le pH de ces trois sites est généralement dépassé les normes soulignée (6,5--8,4) pour une eau destinée à l'irrigation ; cette augmentation du pH est liée au d'autre paramètre tel que la concentration en chlore dans ces eaux.

Classe de qualité	Excellente	Moyenne	Mauvaise
pH	6,5-8,5	8,5-9,2	3,5-6,5 et 9,2- 10

Tableau 15: Appréciation de la qualité globale des eaux D'irrigation selon le pH

Ce tableau confirme que le qualité des eaux prélevées est moyenne

❖ Conductivité électrique et minéralisation total :

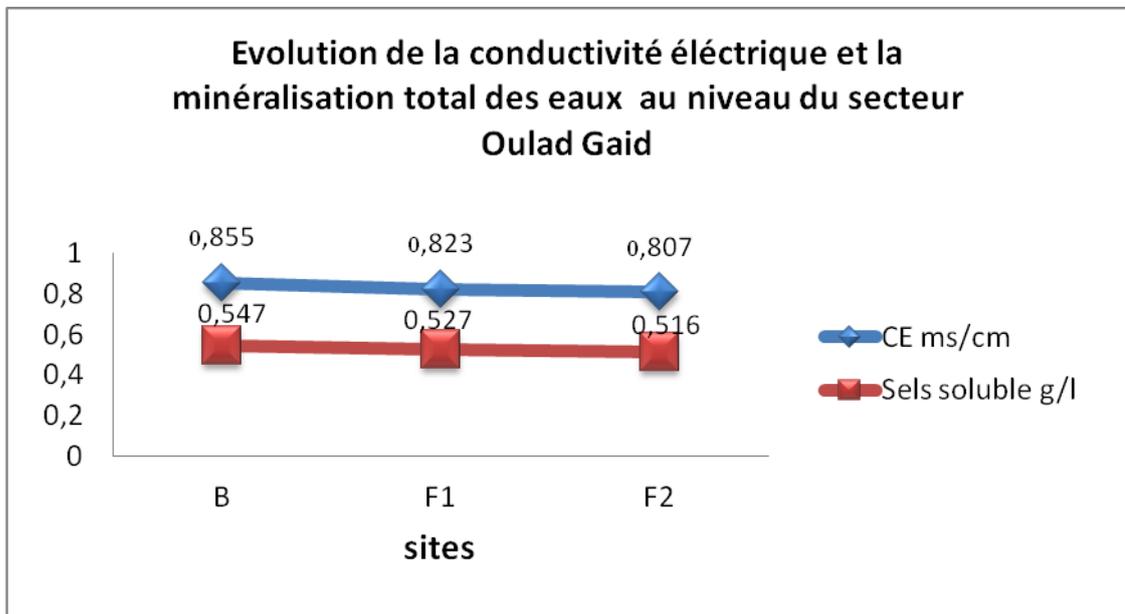


Figure 20: Variation de la conductivité électrique et de la minéralisation totale des eaux prélevés au niveau de secteur Oulad Gaid

	Minéralisation total en g/L	Conductivité électrique en mS/cm
Normes limites pour l'irrigation localisée	0.786	12

Tableau 16: Normes limites de la CE et la minéralisation total

La conductivité électrique de ces eaux varie entre 0,855 et 0,807 mS/cm. tandis que les sels dissous sont compris entre 0.547 et 0.516 g/L. Ces eaux ne sont donc pas salées et respectent les normes défini par l'Etat.

D'après le graphe, on constate une corrélation entre l'évolution des valeurs de la conductivité électrique et des sels solubles (Minéralisation total) et ceci est dû en effet que la conductivité détermine le degré de minéralisation totale des eaux.

❖ Les anions : Les sulfates, les carbonates et les chlorures :

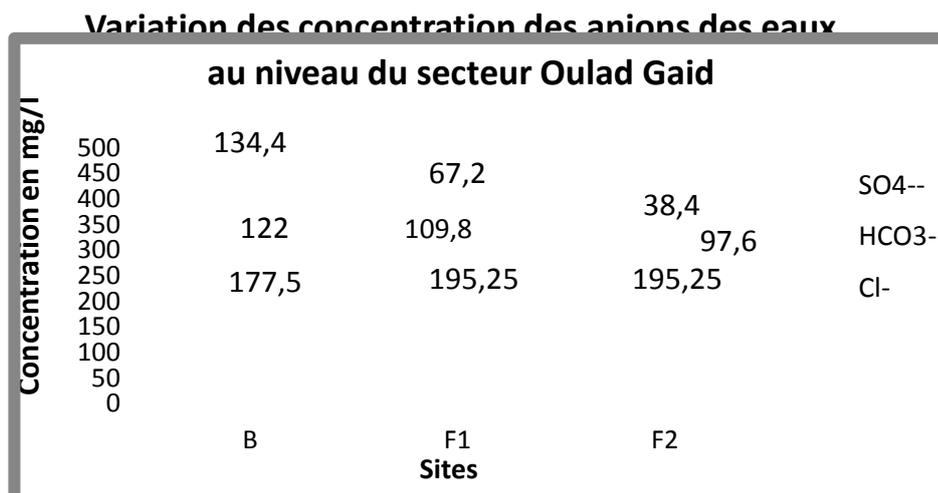


Figure 21: Evolution de la concentration des anions (Cl-, HCO3-et SO4--) au niveau du secteur Oulad Gaid

Anions	Chlorure	Carbonate	Sulfates
Norme limite pour l'IL en mg/L	105	518	250

Tableau 17: Normes de qualité des eaux destinées à l'IL.

Il faut mentionner que seulement les carbonates et les sulfates respectent les normes de qualité des eaux destinées à l'IL. et que la concentration des chlorures dépasse ces normes.

Il est important de souligner que ces ions dans les eaux proviennent de pluies et aussi sont contrôlés par le contact eau-roche dans la zone amont (Oued Tassaouet qui alimente le barrage Moulay Youssef).

❖ La matière en suspension

C'est le plus important paramètre à analyser dans le cas d'irrigation localisée, car il nous permet de juger l'efficacité du filtre à disque utilisé dans les parcelles reconverti à Oulad Gaïd à fin d'éviter le colmatage des goutteurs.

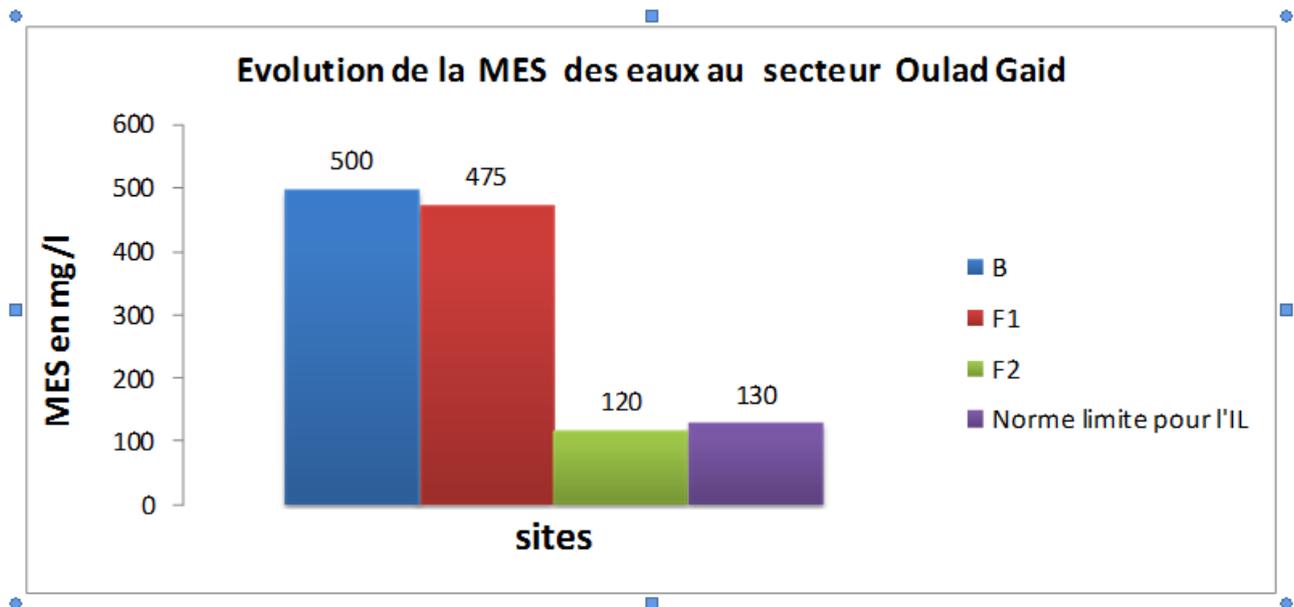


Figure 22: Evolution de la MES des eaux au niveau du secteur Oulad gaid.

D'après le graphe situé dans la **figure n°22** on peut remarquer la réussite du filtre à diminuer la concentration de la matière en suspension dans l'eau et de le rendre à 'une valeur qui ne dépasse pas les normes limites des eaux destinées à l'irrigation localisée.

CONCLUSION

La méthodologie adoptée dans ce travail de recherche a été appliquée au niveau de la Tassaout amont au secteur reconverti Oulad Gaïd .Cette reconversion de la technique d'irrigation gravitaire vers le système du goutte à goutte, dans l'ensemble permis une optimisation de la consommation des eaux d'irrigation et a permis des rendements agricoles satisfaisants. L'élargissement du projet au maximum des périmètres irrigués est vivement souhaité.

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 sauf pour les parcelles qui sont à côté du bassin de régulation , Et surtout en raison de la rentabilité agricole et les économies d'eau qui vont s'accroître

Le choix d'une filtration commune sera sans utilité du fait que les particules ne seront pas retenues et vont se déposer au niveau de la rampe. L'installation d'une station pour filtrer une qualité d'eau, qui dont le rôle et de minimiser le passage des particules qui peuvent éventuellement boucher les goutteurs

Dans notre cas et d'après les résultats obtenus des analyses des eaux (B-F1-F2) on peut estimer que les risques de colmatage ne se posent pas puisque la taille des particules en suspension ne dépassent pas la limite (130 microns) des normes soulignée par l'Etat. Elles sont plus petites que le diamètre du goutteur. Alors on peut déduire que le filtre à disques utilisé par l'ORMVAH est suffisant pour avoir une bonne filtration et aussi une bonne qualité d'eau pour l'irrigation.

Cependant, en cas des crues la turbidité des eaux augmente, à ce moment là l'équipe de l'ORMVAH qui contrôle la distribution de ses eaux désactive la prise qui alimente le bassin de régulation, au but de protéger les filtres et les goutteurs d'une grande quantité de la matière en suspension.

C'est pour cette raison on propose de mettre une grande station de filtration juste à côté du bassin pour minimiser le taux de la turbidité avant le passage vers les filtres à disque dans les parcelles, et aussi d'ajouter une pompe électrique pour rattraper la pression qui va être perdu à cause de la station des filtrations, et elle peut aussi intégrer les parcelles qui utilisent encore le système traditionnel d'irrigation et réaliser la reconversion.

Bibliographie

- ✓ BRAIM.D et DAGHASH.H (2016). *Impact de la reconversion du système d'irrigation gravitaire en localisée sur le sol et la nappe*. Mémoire de fin d'études (faculté des sciences et technique-Marrakech).56p
- ✓ EL OUAHABI.K et BENJELLOUN.S(2013). *Performance de l'irrigation localisée et son impact sur le sol dans le périmètre de N'fis*. Mémoire de fin d'études (faculté des sciences et technique- Marrakech).57p
- ✓ KABBAJ.D et El MOSTAGE.L (2012). *Le projet de la reconversion collective de l'irrigation gravitaire à l'irrigation localisée au Maroc - Périmètre de Tassaout Amont, secteur d'Oulad Gaïd*. Mémoire de fin d'étude (faculté des sciences et technique-Marrakech).65p
- ✓ OUALIBOU, W (2013). *Analyse de la place tenue par la fève, ses modes de conduite et sa valorisation dans les exploitations agricoles du périmètre irrigué du Haouz*. Thèse de fin d'étude (Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat), 95p

Webographie

- ✓ BOYER.I et CHARTON.P (2012). *La filtration en irrigation localisée*. [En ligne].2012 Disponible sur : <http://www.ardepi.fr>. (Consulté le 26 avril 2018).
- ✓ DERBEZ.C (2015). *Les origines de la filtration agricole*. [En ligne] 2015 .Disponible sur <http://www.irrigazette.com/fr/articles/les-origines-de-la-filtration-agricole>. (Consulté le 10 mai 2018).
- ✓ ELMALKI.E (2016). *PNEEI, une gestion efficiente des ressources en eau au Maroc* [En ligne] 2016. Disponible sur <http://verseau.ma>.
- ✓ Maroc Vert ; Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime. 2012. *L'agriculture marocaine en chiffre*. [En ligne] 2012. Disponible sur <http://www.agriculture.gov.ma>. (Consulté le 2 avril 2018).
- ✓ ORMVAH (2014). *les études relatives aux aménagements hydro agricoles* [En ligne] 2014.Disponible sur <http://ormvah.com/amenagement-service-eau/etudes>. (Consulté le 25 mars 2016).

Liste des abréviations

ORMVAH : Office régionale de la mise en valeur agricole el Haouz

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

CMV : Centre de mise en valeur

GH : Grand hydraulique

PMH : Petit et moyen hydraulique

APS : Avant projet sommaire

E.D.T.A : Éthylène-diamine-tétra-acétique

O.G.D : Oulad Gaïd droite

O.G.G : Oulad Gaïd gauche

IL : Irrigation localisée

MES : Matière en suspension

PVC : Polychlorure de Vinyle

ABH-OER : Agence du bassin hydraulique – Oum Er Rbia

PDAIRE : Plan Directeur d'aménagement intègre des ressources en eau

RGPH : Recensement général de la population et l'habitat

NGM : Niveau général au Maroc.

ANNEXES



Le bassin de régulation 8000 m³



POSE DE CONDUITES



Les filtres à disques



Le filtre rotatif



pH mètre



conductivimètre

Bilan ionique (eau)

Réf	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	pH mg/	CE à 25°c mS/cm	Sels.solub g/l
B	44	2,42	177,5	122	134,4	8,7	0,855	0 ,547
F1	40	2,42	195,25	109,8	38,4	8, 76	0,823	0,527
F2	28	4,84	195,25	97,6	67,2	8,79	0,807	0,516