

Département des Sciences de la Terre

Licence en Sciences et Techniques

Eau & Environnement

Mémoire de projet de fin d'étude.

**Les Aménagements Hydro-Agricoles dans la zone
d'action de la Direction Provinciale d'Agriculture,
Marrakech (Maroc).**

Réalisé par : AIT AYANE SAFIA ET BENZRIRA SOUKAINA.

Soutenu le : 01 Juillet 2021

Devant la commission d'examen composée de :

Encadrant : **Pr Brahim IGMOULLAN** FST Marrakech

Examineur : **Pr Lahcen DAOUDI** FST Marrakech

Année universitaire 2020-2021

REMERCIEMENT

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

On remercier aussi toutes les personnes qui ont participés de différentes façons à la réussite de notre mémoire et plus particulièrement les personnes qu'on cite ci-dessous :

L'équipe pédagogique du département de géologie de la Faculté des Sciences et Technique de Marrakech, et les intervenant professionnels responsable de la formation de la filière Eau et Environnement, pour avoir assuré la partie théorique.

On remercier particulièrement notre encadrant Mr IGMOUILLAN BRAHIM pour leur aidés et assistance.

Un grand merci au chef de service des Aménagements Hydro-agricoles de la Direction Provinciale d'Agriculture de Marrakech Mr. Tariq Mounir BAHRIRE.

Nous remercions également tous les membres de la Direction Provinciale d'Agriculture de Marrakech et surtout Mme. Zineb HASNI et Mme. Soumia MOUSSAOUI et aussi Mr Abdellah ARJAL pour ses précieux conseils et ses aidés durant toute la période du stage.

Les mots ne suffisent pas pour remercier sincèrement nos très chers Parents pour leurs innombrables sacrifices, leurs amours, leurs encouragements, leurs soutiens, et leurs prières, Les mots ne suffisent pas pour vous exprimer notre grand merci.

Merci à nos chers soeurs et frères, pour leurs encouragements.

Enfin on tient à remercier les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, et dont les noms ne figurent pas dans ce document.

SOMMAIRE

Remerciement.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Liste des photos.....	
Introduction.....	1
Chapitre 1: Présentation du Bassin Versant de Tensift	
I. Généralités sur le bassin de Tensift	
1. Structure géographique de bassin.....	3
2. Topographie.....	5
3. Géologie et Lithologie.....	6
4. Caractéristiques climatiques.....	8
4.1 Température.....	8
4.2 Evaporation.....	8
4.3 Précipitation.....	8
5. Hydrologie du bassin.....	9
6. Ressources en eaux.....	11
6.1 Eaux superficielles.....	11
6.2 Eaux souterraines.....	13
7. Couverture végétale et sols.....	16
Chapitre 2 : Les aménagements hydro-agricoles dans la zone d'action.	
I. Généralité sur la zone d'étude.....	18

1. Structure Administrative.....	18
2. Populations.....	18
3. Climat.....	18
4. Occupation des terres.....	19
5. Répartition de la SAU.....	20
6. Ressources en eaux.....	20
II. Les aménagements de captages et distribution des eaux d'irrigation.....	21
1. Aménagement decaptage des eaux :Khattara.....	21
2. Aménagement dedistribution des eaux :	
1. Seguia.....	22
1.1 Etapes de réalisation.....	23
1.2 Avantages / Inconvénients.....	23
2. Barrages.....	24
Chapitre 3 :Les techniques d'irrigation dans la zone d'action de la DPA.....	29
1. Irrigation gravitaire traditionnelle	30
a. Irrigation par siphon.....	31
b. Irrigation par gaine souple.....	32
c. Transirrigation.....	33
2. Irrigation sous pression.....	34
a. Irrigation par aspersion.....	34
b. Irrigation goutte à goutte.....	35
3. Plan d'Action National pour l'Economie d'Eau d'Irrigation.....	37
Conclusion.....	39

Listes des figures

Figure 1: Situation géographique du bassin versant de Tensift.....	4
Figure 2: Lithologie du bassin de Tensift Al Haouz.....	7
Figure 3 :Évolution inter annuelle de la pluviométrie et des débits au niveau des sous bassins du Tensift.....	9
Figure 4: Sous bassin versant de l’oued Tensift contributifs aux débits du cours d’eau principal.....	10
Figure 5:Répartition spatiale des différentes Aménagements Hydraulique d’Al Haouz.....	13
Figure 6: Répartition des nappes du bassin de Tensift Al Haouz	15
Figure 7: Carte d’occupation de sol et végétation du bassin versant de Tensift....	16
Figure8: Occupation des terres dans la zone de la DPA.....	19
Figure 9:Illustration d’une khattara	22
Figure 10: Illustration d’une seguia.....	23
Figure 11: Barrage Molay Youssef	25
Figure 12: Barrage LallaTakerkoust.....	26
Figure 13: Barrage Ouirgane.....	27
Figure 14: Canal Rcade.....	28
Figure 15: :Les différents Systèmes d’irrigation	29
Figure 16: Schéma et photo d’irrigation par siphon.....	32
Figure 17 : Irrigation par gaine souple.....	32
Figure 18 : Schéma de la Transirrigation.....	33
Figure 19 : Irrigation par aspersion.....	34
Figure 20 : Schéma d’un réseau d’irrigation goutte à goutte.....	35

Listes des Tableaux

Tableau 1 : Répartition de la population dans la zone de la DPA.....	18
Tableau 2 : Occupation de la superficie totale de la zone de la DPA.....	19
Tableau 3 : Les différents barrages dans la zone d'action de la DPA.....	24

INTRODUCTION :

Au Maroc, l'agriculture consomme entre 80 et 90 % des ressources en eau. Aussi est-il urgent, de rationaliser l'utilisation de l'eau en améliorant les performances des systèmes d'irrigation actuels. Cette opération a été prise en charge par les services de l'Etat : les Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole et les Directions Provinciales d'Agriculture (DPA).

L'agriculture locale souffre de plusieurs problèmes tels que :

- La faiblesse des revenus des agriculteurs.
- Le niveau fort élevé de pauvreté dans la région.
- Gestion irrationnelle de l'irrigation.
- La limitation des superficies irriguées

En outre, le secteur agricole souffre de l'insuffisance des moyens de financement et de l'irrégularité des précipitations qui aggrave encore plus la situation. Ainsi que les terres agricoles présentent des zones plus sensibles à l'érosion

Pour minimiser l'impact de ces problèmes différents types d'aménagements hydro-agricoles peuvent être réalisés.

Les aménagements hydro-agricoles ont pour objectifs :

- De réduire l'érosion et d'améliorer l'égouttement de l'eau de surface.
- Assurer l'approvisionnement en eau d'irrigation.
- D'améliorer la qualité des sols et des eaux.

L'objectif de notre travail est d'étudier les aménagements hydro-agricoles dans la zone DPA, subdivisé en trois parties : la première partie consacrée à la présentation du bassin versant de Tensift. Dans la deuxième partie, nous avons présenté la zone d'étude et aux généralités sur les aménagements de captages des eaux d'irrigation et les techniques d'irrigation dans la zone d'action. Enfin, la dernière partie est consacrée au Plan d'Action National pour l'Economie d'Eau.

I. Généralités sur le bassin de Tensift :

1. Situation géographique du bassin :

Le bassin versant de Tensift est situé au centre Ouest du Maroc entourant la région de Marrakech . Il occupe une superficie de 20450 km². Ce large domaine continental est situé entre la latitude 32° 10' et 30° 50' Nord et la longitude 9° 25' et 7° 12' Ouest. Il est limité au Sud par la ligne de crête de la chaîne du Haut Atlas, au Nord par le massif de petites montagne nommé « Jbilet » avec des altitudes inférieures à 1000 mètres, à l'Est par la ligne de partage des eaux, peu marquée séparant le bassin du Tensift de celui du Tessaout, affluent d'Oum Er R'bia et à l'Ouest par l'océan Atlantique où se situe son exutoire. Les altitudes sont donc très contrastées, elles varient de 0 m au niveau de son exutoire à 4167 mètres au Jbel Toubkal.

Administrativement, cette zone s'étend sur six préfectures et provinces, elle couvre totalement la préfecture de Marrakech et les provinces d'Al Haouz, de Chichaoua et d'Essaouira et partiellement les provinces d'El Kalaâ des Sraghna et de Safi.

Oued Tensift est alimenté de façon quasi exclusive par ces affluents rive gauche qui drainent les flancs nord de l'atlas. Ces affluents installés sur un relief montagneux à structures et nature géologique hétérogènes ont des caractères torrentiels. Les principaux affluents sont localisés dans la plaine d'Al Haouz: Oued

R'dat, Oued Zat, Oued Ghmat, Oued N'fis, Oued Rheraya, Assif El Mal, Oued Chichaoua, Oued Tiroula et Oued Talmost.

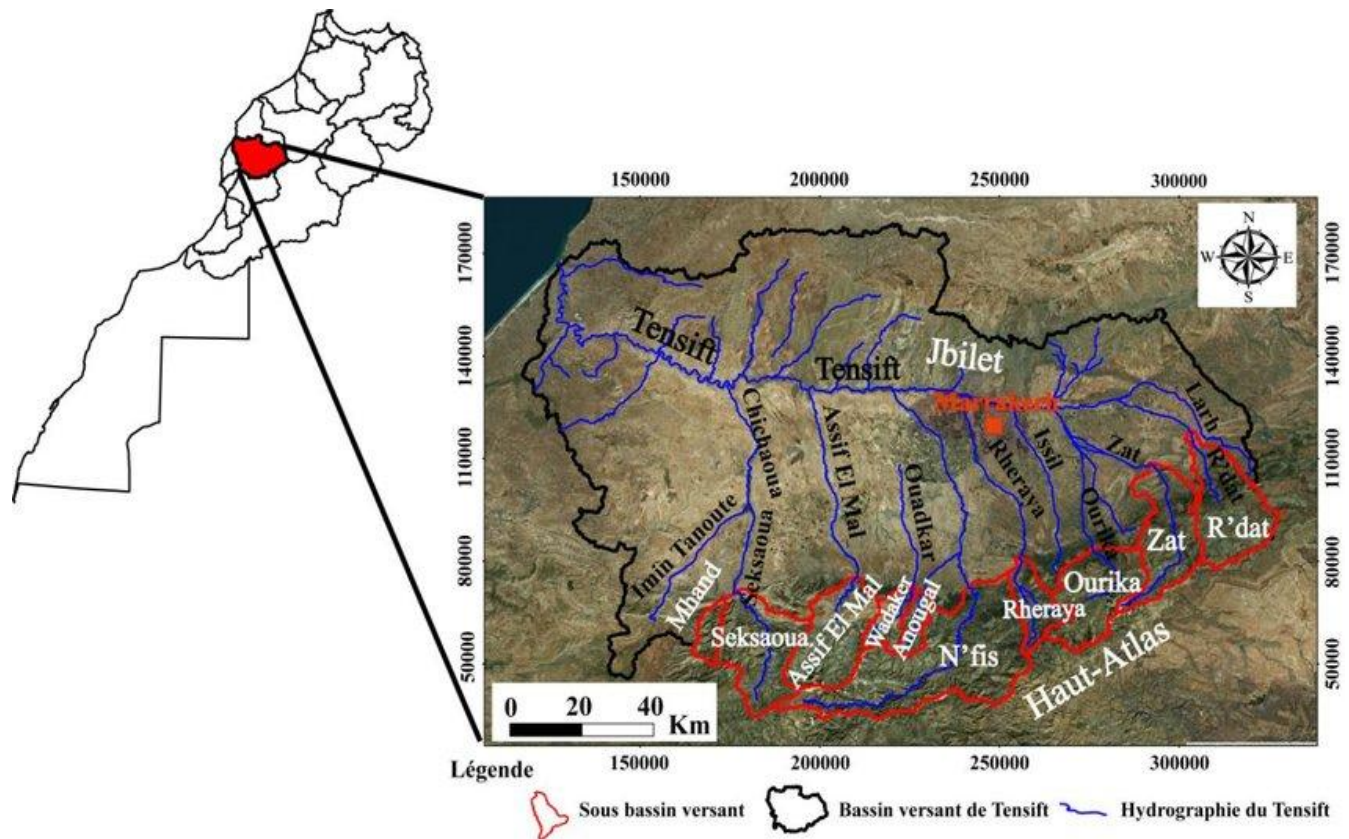


Figure 1: Situation géographique du bassin versant de Tensift.

2. Topographie:

La plaine s'étend sur la rive gauche de la partie amont de la rivière de Tensift vers le sud et couvre le bassin d'Oum Er R'bia à l'est. La plaine est divisée en trois parties:

El Haouz oriental qui couvre toute la partie appartenant au bassin Oum Er R'bia.

El Haouz central qui se situe autour de Marrakech et partie occidentale

Le Bassin de Tensift est topographiquement divisé en 4 zones :

- **La Plaine d'El Haouz :**

La plaine est délimitée par la rivière de Tensift et les montagnes de Jbilet au nord, la rivière de Chichaoua et sa partie supérieure d'Amznas, à l'ouest et les Montagnes du Haut Atlas du sud à l'est, la plaine s'élève doucement du nord-ouest au sud-est.

- **Essaouira-Chichaoua :**

Cette zone est un plateau accidenté qui se situe à l'ouest de la plaine d'El Haouz. L'altitude est de 400 à 800 m en général, le Tensift coule au nord de cette zone.

- **Montagnes des Jbilet :**

C'est une région montagneuse avec des altitudes allant de 300 à 1000 m. Les Jbilet s'étendent sur 170 km de la région de Mouissate à l'ouest jusqu'au Haut Atlas Central à l'est.

- **Montagnes du Haut Atlas :**

La chaîne des montagnes de l'Atlas s'étend au sud de la plaine d'El Haouz de l'ouest à l'est. Les montagnes comprennent des sommets de plus de 3000 m avec le plus haut sommet de l'Afrique du nord: le Jbel Toubkal.

3. Géologie et lithologie du bassin:

Le cadre géologique du bassin de Tensift s'articule sur l'organisation du socle primaire, la géologie du bassin versant du Tensift sera décrite par son aspect lithologique, le plus important pour l'hydrologie. Les formations constituant le bassin de Tensift sont diversifiées (Figure 2). Dans la plaine, qui se présente sous forme d'une dépression, on trouve des formations détritiques issues du démantèlement de la chaîne atlasique. Elles sont accumulées au Néogène et au Quaternaire récent, recouvrant ainsi les formations primaires, secondaires et tertiaires. Les schistes sont largement répandus dans les Jbilet avec des faciès et de couleurs très variés. On y distingue des schistes sombres souvent lités, des schistes argileux et des schistes gréseux avec des bancs épais de grès ou de quartzites.

Par ailleurs, d'autres formations moins étendues peuvent être distinguées notamment des conglomérats, des affleurements calcaires et siliceux, des roches magmatiques comme les granites et les gabbros. Dans la chaîne atlasique, les affleurements lithologiques sont dominés par les faciès suivants : des roches magmatique et métamorphiques précambriennes notamment les granites, diorites, dolérites, andésites et rhyolites, aussi que des schistes primaires, des formations secondaires fortement colorées en rouge et largement dominées par des calcaires, des grès, des marnes et des argiles.

Les formations métamorphiques ou éruptives comportent des zones d'altération dont la capacité de rétention est significative, étant donné la pérennité de plusieurs cours d'eau qui ne peut pas être attribuée au seul stock neigeux.

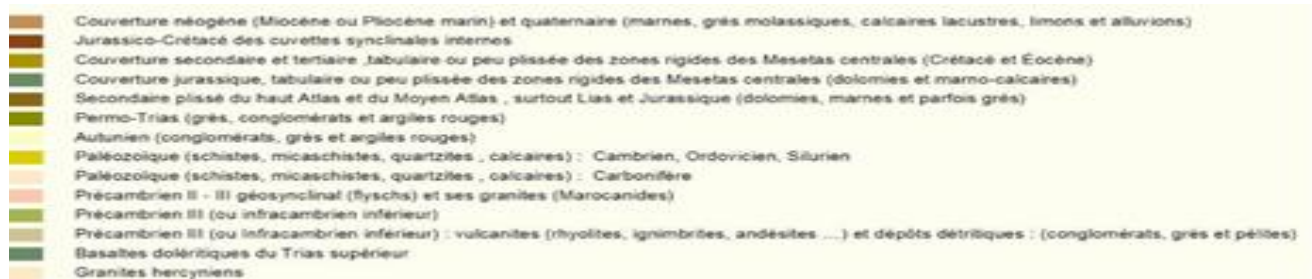
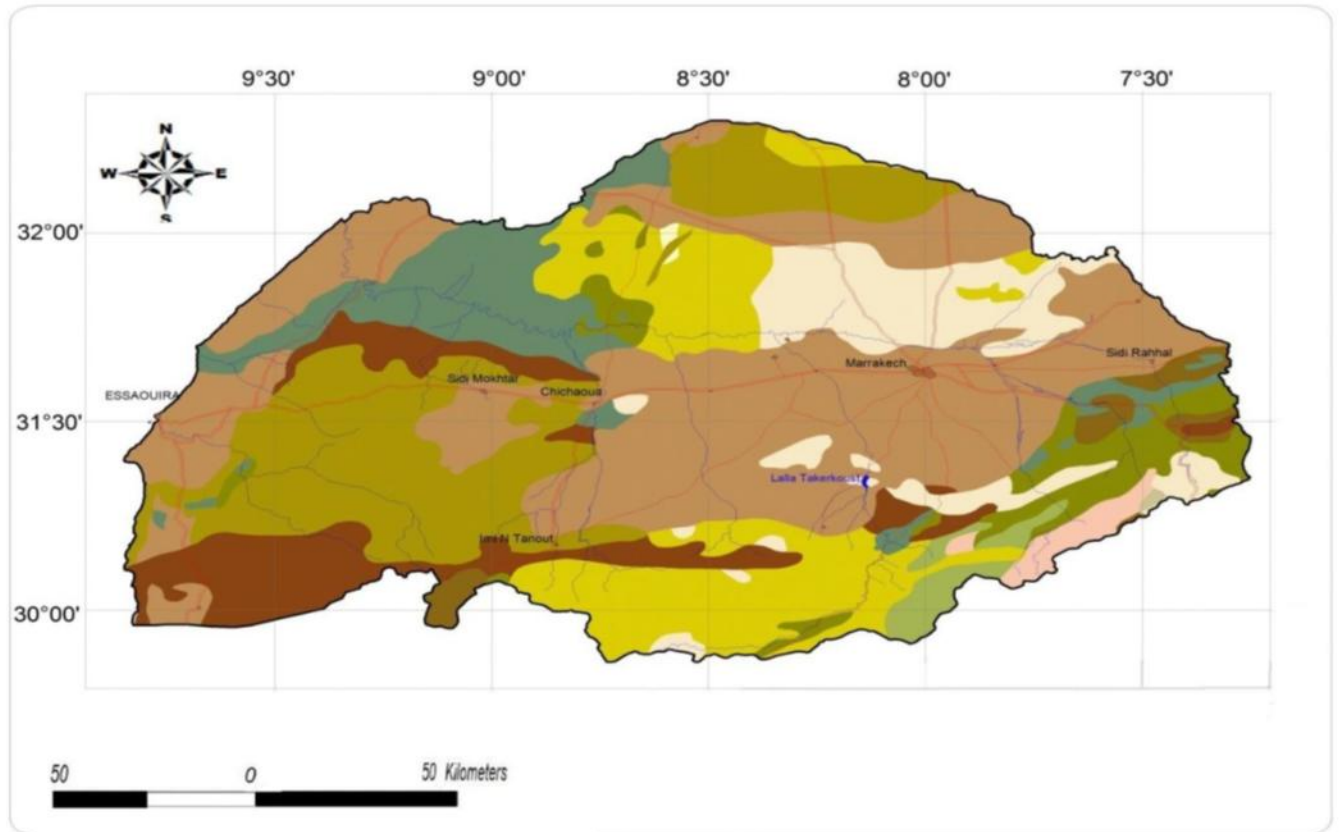


Figure 2: Lithologie du bassin Tensift El Haouz. (Réf ABHT, 2013. Modifier)

4. Caractéristiques climatiques:

Le climat de la zone d'étude est caractérisé par l'influence de l'Océan Atlantique. Cette influence diminue d'autant plus quand on s'éloigne vers l'intérieur. Ainsi, le climat est semi-aride influencé par le courant froid des Canaries dans la zone côtière, semi-aride à chaud dans les Jbilet, de type aride

dans le Haouz et le Mejjate. La zone du bassin du Tensift Est, est influencée par la présence du relief et notamment le Haut Atlas.

4.1. Température:

Les températures moyennes mensuelles varient entre 17°C et 20°C. Les mois les plus chauds sont généralement Juillet et Août « 25,5 à 29°C sur l'Atlas et dans la plaine du Haouz et de 19 à 24°C dans les zones côtières ». Le mois le plus froid est Janvier « 12°C sur l'Atlas et dans la plaine du Haouz et 13 à 14,5°C dans les zones côtières ».

4.2. Evaporation:

L'évaporation moyenne annuelle varie de 1800 mm sur le versant atlasique à plus de 2500 mm dans la plaine du Haouz.

L'évaporation minimale est enregistrée pendant le mois de janvier alors que la maximale intervient pendant les mois d'été.

4.3. Précipitations:

Les précipitations sur la région de Tensift sont caractérisées par une grande variabilité spatio-temporelle et généralement faible. L'analyse des séries d'observation pluviométriques montre que la région du Tensift est caractérisée par l'occurrence de périodes de sécheresse plus ou moins longues.

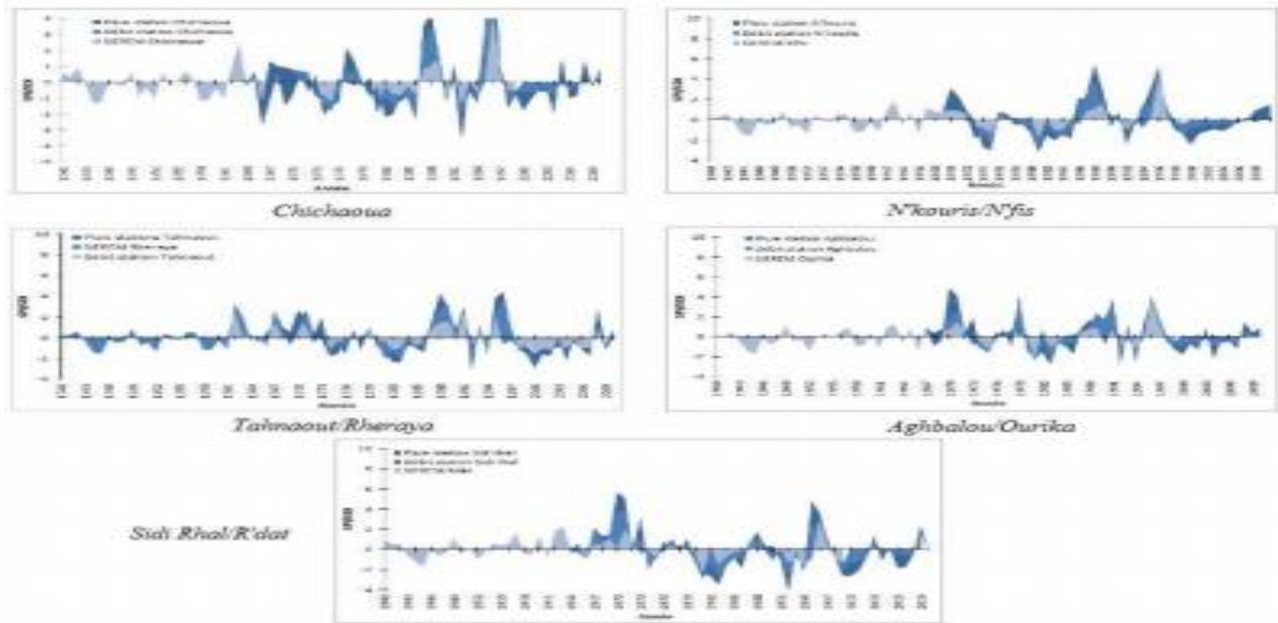


Figure 3 : Évolution inter annuelle de la pluviométrie et des débits au niveau des sous bassins du Tensift

5. Hydrologie du bassin:

La zone d'action est drainée en grande partie par le bassin hydrologique de Tensift. Ce dernier draine la grande partie du versant Nord du Haut Atlas et les Jbilet. A l'Ouest, les deux bassins du ksob et Igouzoulen drainent le Haut Atlas occidental. La Bahira occidentale constitue, quant à elle, une unité à part dont le drainage de surface. Le bassin de Tensift s'alimente essentiellement dans le domaine atlasique, Le réseau hydrographique du bassin comporte principalement l'Oued Tensift, qui s'écoule de l'Est à Ouest de sa source, à l'embouchure dans l'Océan Atlantique. Cet oued draine, par ses affluents rive gauche, les trois quarts du massif ancien du Haut Atlas. Ces affluents, installés sur un relief montagneux à structure et nature géologique hétérogène, ont des caractères torrentiels.

Le régime d'écoulement de Tensift est irrégulier: est en fonction de la pluviométrie dans le bassin, et de la fonte des neiges sur le Haut Atlas, Les apports moyens annuels sont évalués à près de 824 mm³. Ces apports varient entre un minimum de 116 mm³ et un maximum de l'ordre de 2677 mm³.

En outre, le bassin bénéficie d'un transfert de l'ordre de 300 mm³ à partir du bassin de l'Oum Er R'bia, via le canal de Rocade, destiné à l'alimentation en eau de la ville de Marrakech et à l'irrigation dans le Haouz central, Ainsi le potentiel en eau de surface disponible pour le bassin s'élève, en année moyenne, à près de 1124 mm³.

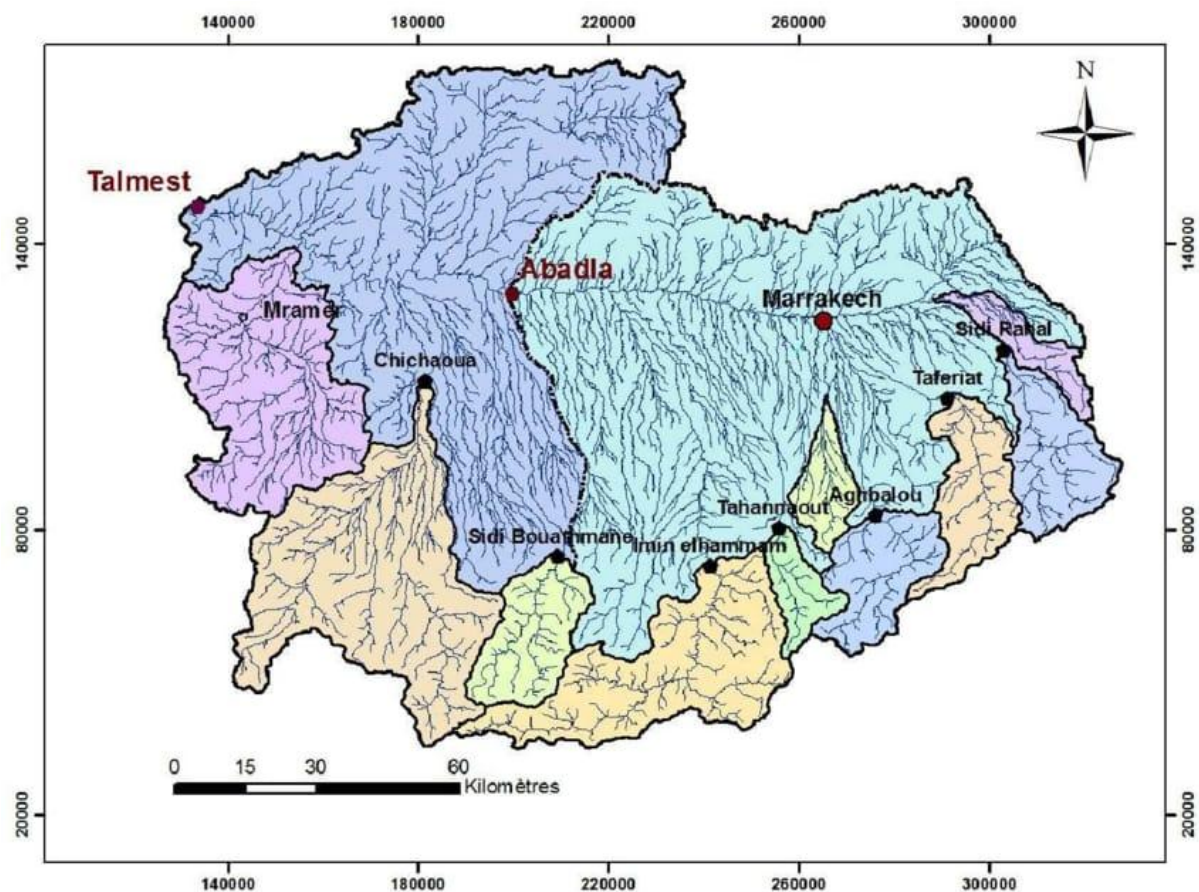


Figure 4 : Sous bassins versants de l'oued Tensift contributifs aux débits du cours d'eau principal.

6. Ressources en eaux:

De façon générale on distingue deux types d'aquifères. Un type qui s'intéresse aux eaux superficielles et un autre aux eaux souterraines.

6.1. Eaux superficielles:

Les ressources en eau de surface sont très irrégulières et inégalement réparties. Le Haut Atlas constitue le château d'eau des écoulements de surface, puisque les oueds les plus importants y prennent naissance, alors que la plaine est une zone de transition et d'utilisation de l'eau. Les ruissellements à caractère torrentiel, qui se produisent suite aux orages ou aux précipitations intenses, sont collectés par le réseau hydrographique du Tensift qui les évacue vers l'Océan.

La région peut être décomposée en trois zones, dotées de ressources en eau de surface inégalement réparties :

- la zone 1 du cours amont de l'oued Tensift et ses affluents de la rive gauche qui constituent la partie hydrologique active du bassin, sur une superficie de 11.900 km².
- la zone 2 du bas Tensift qui englobe le cours aval d'oued Tensift et le bassin d'oued Chichaoua sur une superficie de 7.900 km² et dont l'activité hydrologique est très variable.
- la zone 3 de Ksob-Igouzoulen : elle est composée des bassins côtiers atlantiques du Ksob et d'Igouzoulen et s'étend sur une superficie de l'ordre de 5.000 km².

Eau des barrages :

Le bassin du Tensift comporte cinq ouvrages majeurs de stockage des eaux superficielles (FIGURE 5) parmi les quels on distingue:

Le barrage Lalla Takerkoust: Avec une retenue de 56 mm³, ce barrage permet de régulariser 82 mm³, permettant d'irriguer une superficie de l'ordre de 9 800 Ha et de produire l'énergie électrique, à hauteur de 15 GWh/an.

Le bassin comporte, également, des petits barrages qui permettent de mobiliser 2,4 mm³ destinés essentiellement à l'irrigation et l'abreuvement du cheptel.

Le barrage Yacoub El Mansour: mis en service en 2008, sur le N'Fis, à l'amont du barrage Lalla Takerkoust, d'une capacité de 72 mm³. Ce barrage viendra renforcer l'AEP de la ville de Marrakech.

Remarque : Le barrage de Moulay Youssef ne fait pas partie du bassin de Tensift mais plus tôt géré par l'ABHT.

Parallèlement aux retenues de barrages, la région est dotée de grands ouvrages de transport d'eau, en particulier:

Le canal de Rocade, long de 130 km. Ce canal de capacité nominale de 300 mm³/an en année moyenne, transfère les eaux du bassin de l'Oum Er R'bia destinées à l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech 40 mm³ et à l'irrigation dans le Haouz Central 260 mm³.

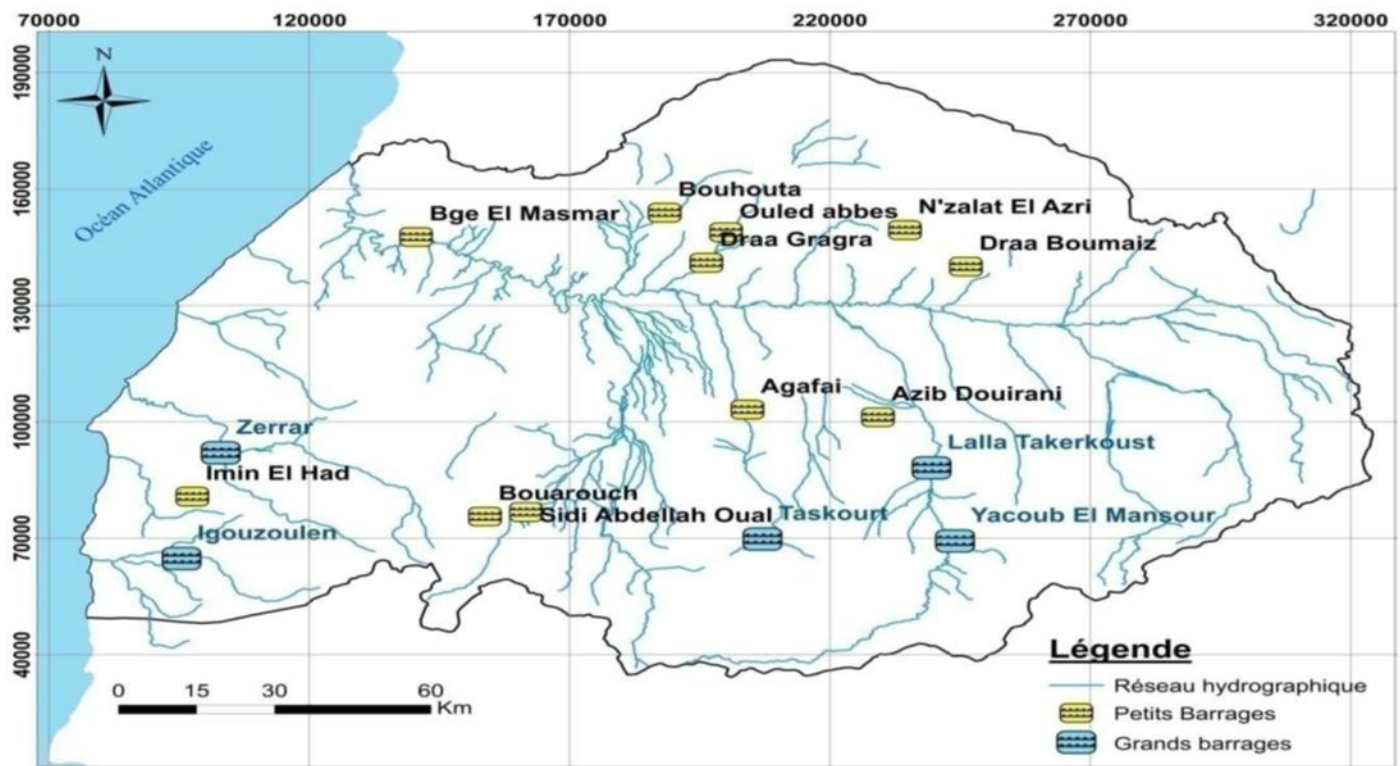


Figure 5: Répartition spatiale des différents aménagements hydraulique d'El Haouz d'après les données de l'ABHT

6.2. Eaux souterraines:

En ce qui concerne les ressources en eaux souterraines, les réservoirs dans les quels s'accumulent ou transitent les eaux pluviales infiltrées sont eux aussi, d'inégale importance et leur répartition géographique dans la région est quasi analogue à celle des eaux de surface (FIGURE 6). Parmi les nappes les plus importantes, on distingue:

- **La nappe phréatique du Haouz-Mejjate:**

La nappe du Haouz et sa bordure occidentale est limitée par la chaîne atlasique au Sud et les chaînons des Jbilet au Nord. Elle s'étend d'Est en Ouest entre les

reliefs des Jbilet et l'Oued Chichaoua sur une superficie de 6.000 km² avec une largeur moyenne de 40 km.

Les écoulements souterrains s'établissent dans les alluvions plio-quaternaires et les formations du Néogène dont la puissance globale varie entre 50 m et 80 m peut atteindre localement 120 m.

La surface libre de la nappe s'établit en moyenne à 30 m sous le niveau du sol et varie de 10 m à plus de 80 m le long du piémont de l'Atlas.

- **La nappe de Bou Sbâa:**

Le plateau de Bou Sbâa s'étend sur une superficie de l'ordre de 1600 Km². Il renferme une nappe dont les niveaux d'eau par rapport à la surface du sol varient de 60m au Sud à moins de 20 m au Nord.

- **La nappe de Meskala – Kourimate:**

La nappe de Meskala-Kourimate s'étend sur une superficie de l'ordre de 1.600 km². Elle est constituée de deux aquifères superposés. La recharge de ce système se fait par infiltration directe des eaux de pluie et de ruissellement sur les aires d'affleurement. L'écoulement se fait en direction de l'Oued Ksob, donnant naissance à plusieurs émergences le long de sa partie aval, au niveau d'Essaouira.

- **Les nappes de la bande côtière d'Essaouira:**

Les nappes des grès dunaires et des calcaires coquillers du Plio-Quaternaire s'étendent le long de la côte sur une bande large de 20 km et longue de 40 km. La profondeur de la nappe est de 40 à 60 m. La productivité des ouvrages est très variable avec des débits allant de 1 à plus de 30 l/s. L'alimentation de la nappe se

7. Couverture végétale et sols :

La végétation dans le bassin versant de Tensift varie selon l'altitude et la nature des terrains.

La carte ci-dessous nous permet de distinguer 4 zones homogènes :

- Une région dans la partie du haut Atlas qui se caractérise par sa densité faible et ses plantes dispersées et assez faible.
- Une deuxième région dans la partie centrale entourant la zone de Marrakech avec une forte densité urbaine.
- Une troisième dans la partie Nord caractérisée par ses prairies et forêts.
- Une quatrième dans la partie ouest dans la plaine d'Essaouira qui se distingue par ses prairies et forêts et ses terres à usage agricole.

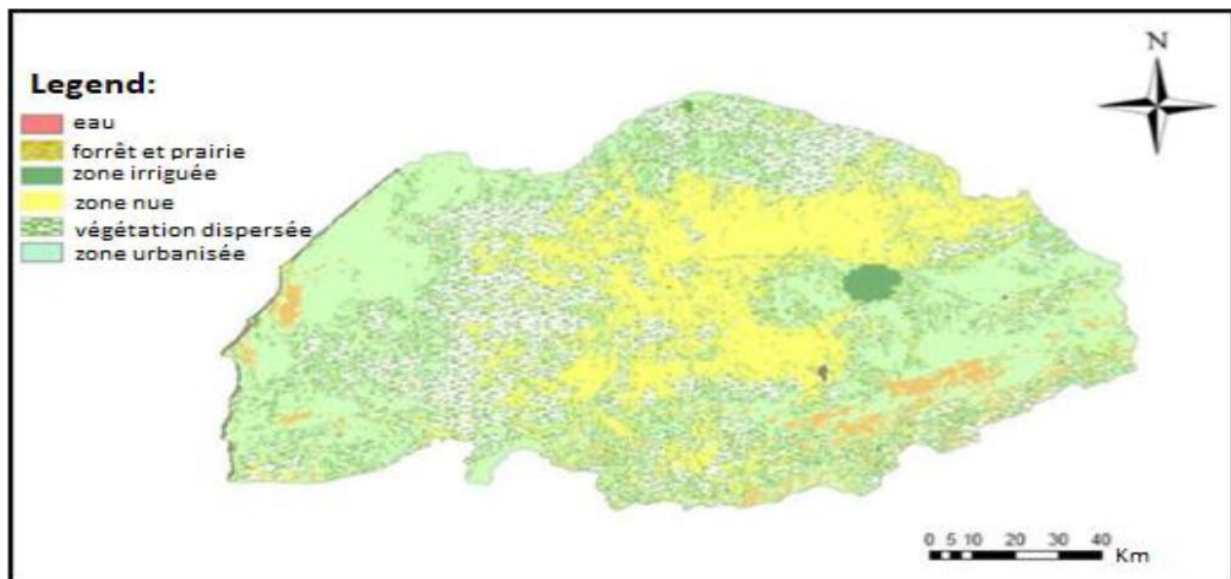


Figure 7 : Carte d'occupation de sol et de végétation du bassin versant de Tensift (source : AHATTAB 2016)

Entre les Jbilet et les montagnes de l'Atlas (la région de Marrakech-Tensift-Al Haouz) on trouve différents types de sol comme :

- Sol Isohumique appelé localement « Requane ».
- Sol Cacemagnésic appelé localement « Biad ». Ce type de sol existe au nord-ouest de N'Fis, sud-est de la région centrale et au nord d'El Kalaâ des Sraghna.
- Sol inexploité appelé « Hach » il couvre une petite partie de la zone, le long des rivières de la Plaine de Haouz et au pied des montagnes de l'Atlas.

Chapitre 2 : Les aménagements hydro-agricoles dans la zone d'action de la DPA

I. Généralités sur la zone d'étude :

1. Structure administrative :

La zone d'action de la Direction Provinciale d'Agriculture (DPA) de Marrakech comprend 4 cercles et 32 Communes territoriales, répartis entre la Province d'Al Haouz au sud (28) et la Préfecture de Marrakech au nord (04).

2. Population :

Suivant le recensement de 2014, la population totale de la zone DPA de Marrakech est de 390.000 habitants répartie comme suit :

Tableau 1 : Répartition de la population dans la zone DPA.

ZONES	POPULATION	MENAGES	TAILLE MOYENNE DU MENAGE
Préfecture de Marrakech	104810	21810	4,80
Province Al Haouz	285473	53253	5,36
Total Zone DPA de Marrakech :	390283	75063	5,19

3. Climat :

Le climat, en zone DPA de Marrakech, est aride à semi aride. Il se caractérise par l'existence de deux périodes, l'une estivale sèche et l'autre humide marquée par une pluviométrie faible et irrégulière, dont la moyenne annuelle est de 364,2 mm au Sud (Province d'Al Haouz) et 205,7 mm au Nord (Préfecture de Marrakech).

Quant aux températures moyennes, elles sont très élevées en été, **39,8°C** au Nord et **34°C** au Sud, et relativement basses en hiver, **5,5 °C** au Nord et **7 °C** au Sud.

4. Occupation des terres :

L'occupation de la superficie totale de la zone DPA de Marrakech, qui s'évalue à **600.000 Ha**, se présente ainsi :

Tableau 2 : Occupation de la superficie totale de la zone de la DPA

OCCUPATION DES TERRES	PREFECTURE DE MARRAKECH		PROVINCE AL HAOUZ		TOTAL DPA MARRAKECH	
	- HA -	-% -	- HA -	-% -	- HA -	-% -
SAU	96584	77,52	76432	16,08	173016	28,84
Forêts	400	0,32	215692	45,37	216092	36,01
Parcours et inculte	27616	22,16	183276	38,55	210892	35,15
TOTAL :	124600	100	475400	100	600000	100

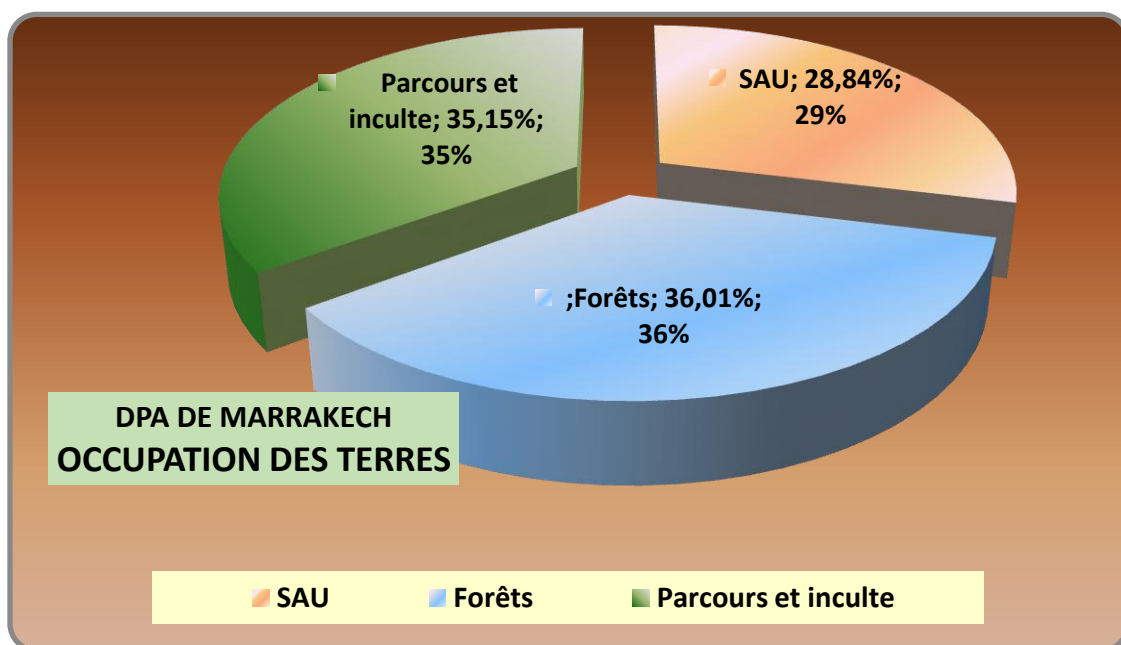


Figure 8 : Occupation des terres dans la zone de la DPA.

5. Répartition de la SAU :

Au niveau de cette zone, la Superficie Agricole Utile (SAU) s'étend sur une surface de 173.000 Ha, soit 28,8 % de la superficie totale de la zone (600.000 Ha). Cette SAU, se caractérise, par l'infinité de ses surfaces irriguées qui ne dépassent point 28.000 Ha, soit 16,1 % (de la SAU).

6. Ressources en eaux :

• Eaux superficielles :

En matière d'irrigation, la zone est desservie par le réseau hydrographique du bassin de Tensift composé principalement par les oueds Ghdat, Zat, Ourika, Gheraya, Nfis, et Amizmiz.

La superficie totale irriguée selon le dernier inventaire est de l'ordre de 26 890 ha

Les périmètres irrigués recensés sont au nombre de 240.

Ces périmètres sont desservis en eau par un système d'irrigation à petit échelle dit Petite et moyenne hydraulique PMH (segua).

Le volume d'eau prélevé et véhiculé par ce système d'irrigation est estimé à 107 Mm³/année.

• Eaux souterraines :

La superficie irriguée à partir des eaux souterraines concerne des petits périmètres privés.

Le pompage des eaux d'irrigation se fait à partir de puits équipés et exploités et dont le nombre est de 666 point d'eau.

Les prélèvements totaux des eaux souterraines pour l'irrigation de ces périmètres est de l'ordre 27 Mm³/année.

La superficie totale irriguée par les eaux souterraines est de l'ordre de 3757 ha.

II. Les aménagements de captage et distribution des eaux d'irrigation :

La technique de fonctionnement des aménagements de captage des eaux souterraines est simple, il s'agit d'épouser la configuration du terrain pour mobiliser les eaux des pluies et des eaux souterraines, en vue d'alimenter la nappe phréatique.

1. Aménagement de captage: Khettara

Une khettara est un système traditionnel ingénieux (du type minier) destiné au captage des eaux souterraines d'une nappe phréatique et leur adduction à la surface du sol à travers une galerie (reliant les différents puits d'aération) par simple effet de gravité (sans aucun pompage). Cette galerie souterraine est constituée d'une partie drainante à l'amont de l'ouvrage où s'effectue le drainage des eaux de la nappe et d'une partie

Abductrice à l'aval pour le transport de ces eaux jusqu'au point de sortie de la khettara à la surface du sol (bassin de récupération ou directement dans les canaux d'irrigation à ciel ouvert appelés seguias).

Les khettaras prennent naissance généralement au pied d'une montagne, sur les terrasses d'un oued ou dans des hauts plateaux renfermant des nappes phréatiques situées à des profondeurs relativement faibles (quelques dizaines de mètres au maximum) et ayant un débit d'écoulement (des eaux souterraines) relativement important, permettant de satisfaire les besoins en eau (notamment agricoles) de la population située en contrebas.



Figure 9 : Illustration d'une khettara.

Il existe deux grands types de khettaras :

Les khettaras de nappe : Elles se situent au pied d'un « jebl » (Montagne) ou sur les terrasses d'un oued, leur longueur peut atteindre jusqu'à 10 km

Les khettaras d'oued : Prennent naissance dans un oued. Le principe consiste à capter les eaux d'infiltration de l'oued. La longueur de ces khettaras varie de 500 mètres à 1 kilomètre.

Ce système de captage reste ancien et ne fonctionne plus.

2. Aménagement de distribution des eaux :

1. Seguia :

Une seguia, ou seghia, est un canal d'irrigation ou d'acheminement d'eau à ciel ouvert qu'on rencontre fréquemment dans différentes topographies, oasis, montagne, plaine. Compte tenu du climat, ce dispositif rudimentaire implique d'importantes pertes d'eau par évaporation.

La seguia permet d'amener l'eau prise dans l'oued à l'aide d'une digue rudimentaire (ougoug) vers les parcelles à irriguer, ou distribue les eaux accumulées dans un bassin alimenté par une source ou une khattara Le système de seguia s'organise en de multiples canaux répartiteurs,

Ce qui implique une certaine hiérarchie : la seguia principale qui est à la base du système et les seguias secondaires et tertiaires qui sont des rigoles de distribution (mesref).



Figure 10 : Illustration d'une seguia.

1.1 Etapes de réalisation:

- Identification de la source d'eau.
- Creusement d'un canal principal qui va alimenter un bassin de distribution des eaux ou qui va directement vers les terrains à irriguer.
- Construction d'ougougue qui est une sorte de barrière sur la rivière qui va acheminer l'eau vers la séguia.
- Raccordement de la séguia avec ougougue.

1.2 Avantages / Inconvénients:

- **Avantages:**

- Coût d'investissement faible, relativement à d'autres systèmes comme le goutte-à-goutte ou l'aspersion.
- Besoin en énergie faible ou nul.
- Les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

- **Inconvénients :**

- Pertes importantes surtout par infiltration et évaporation.
- Besoins importants en main d'œuvre.
- Lenteur de l'arrosage.

2. Les barrages :

Le grand hydraulique est caractérisé par des ouvrages de mobilisation des eaux importantes (barrages, canaux, ...) qui permettent un contrôle de l'eau et imposent un aménagement et une gestion coordonnée des ressources sur de vastes ensembles.

Pour l'aménagement, la gestion et la mise en valeur de ces périmètres d'irrigation, l'Etat a créé 9 Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole (ORMVA).

Le Tableau suivant présente les principaux barrages dans la zone d'action de la DPA, Marrakech Marrakech.(Source l'ABHT)

Tableau 3 : Différents barrages dans la zone d'action de la DPA.

Barrage	Oued	Capacité	Fonction
		Mm ³	
My Youssef	Tassout	150.1	Irrigation+ énergie
Lalla Takerkoust	N'Fis	53.6	Irrigation+ énergie
Ouirgane	N'Fis	70.3	Irrigation+ énergie
Timinoutine	Tessaout	3.112	Barrage compensateur
Imin Larbàa	Tighizrit	0.78	Barrage collinaire Irrigation+cheptel

-Moulay Youssef : sa superficie est de 450 km² environs, et sa profondeur atteint les 70 mètres.



Figure 11 : Vue sur le barrage Moulay Youssef.

-Le barrage LallaTakerkoust : a été construit en 1935 puis sa hauteur a été élevée pour faire face au problème de la croissance de la demande en eau. Il s'agit d'un barrage multifonctionnel, utilisé pour : l'irrigation, la production d'électricité ainsi que l'eau potable et industrielle. Le barrage assure la fourniture de l'eau d'irrigation aux périmètres irrigués du N'Fis (24 200 ha) en connexion avec le canal de Rocade, ainsi qu'aux secteurs dits de « séguia améliorés » pour environ 10000 ha. L'eau du barrage est aussi utilisée pour l'alimentation en eau potable à la ville de Marrakech en complément du **canal de Rocade**.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- 1- Le bassin de la rivière : le bassin de Tensift, sous-bassin de l'oued N'Fis
- 2- Bassin versant : 1 707 Km²
- 3- Capacité effective : 72,5 Mm³ (il est réduit à 56,1 million de m³ en 2002 du fait de la sédimentation.
- 4- Volume de régularisation : 85 Mm³.



Figure 12 : Vue de la retenue du barrage LallaTakerkoust.

-Le barrage d'Ouirgane : La construction du barrage de Wirgane a commencé au début de l'année 2005 et sa mise en service est programmée pour mars 2008. Le barrage est situé sur l'oued N'Fis à 20Km en amont du barrage de Lalla Takerkoust. Il est prévu que les deux barrages opèrent en combinaison pour renforcer l'alimentation en eau potable et industrielle de la ville de Marrakech

Etaussi pour améliorer la capacité régularisable du barrage de Lalla Takerkoust.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

1- Le bassin de la rivière : le bassin de Tensift, sous-bassin de l'oued N'Fis.

2- Bassin versant : 1 200 Km²

3- Capacité effective : 70 Mm³

4- Volume de régularisation supplémentaire : 17 Mm³



Figure 13 : Vue sur le barrage d'Ouirgane.

Le canal de Rocate :

Le canal de Rocate est l'une des plus grandes stations au Maroc et la plus grande au niveau régional. Elle assure l'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech ainsi que les centres et villes limitrophes : Tamansourt, Ait Ourir, Tahenaout etc, sans oublier les projets touristiques avoisinants la ville».



Figure 14 : Illustration du canal de Rocate.

Chapitre3 :Les techniques d'irrigation dans la zone DPA

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories:

L'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. Cette dernière est classée en trois types : l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation par aspersion et l'irrigation à pivot.

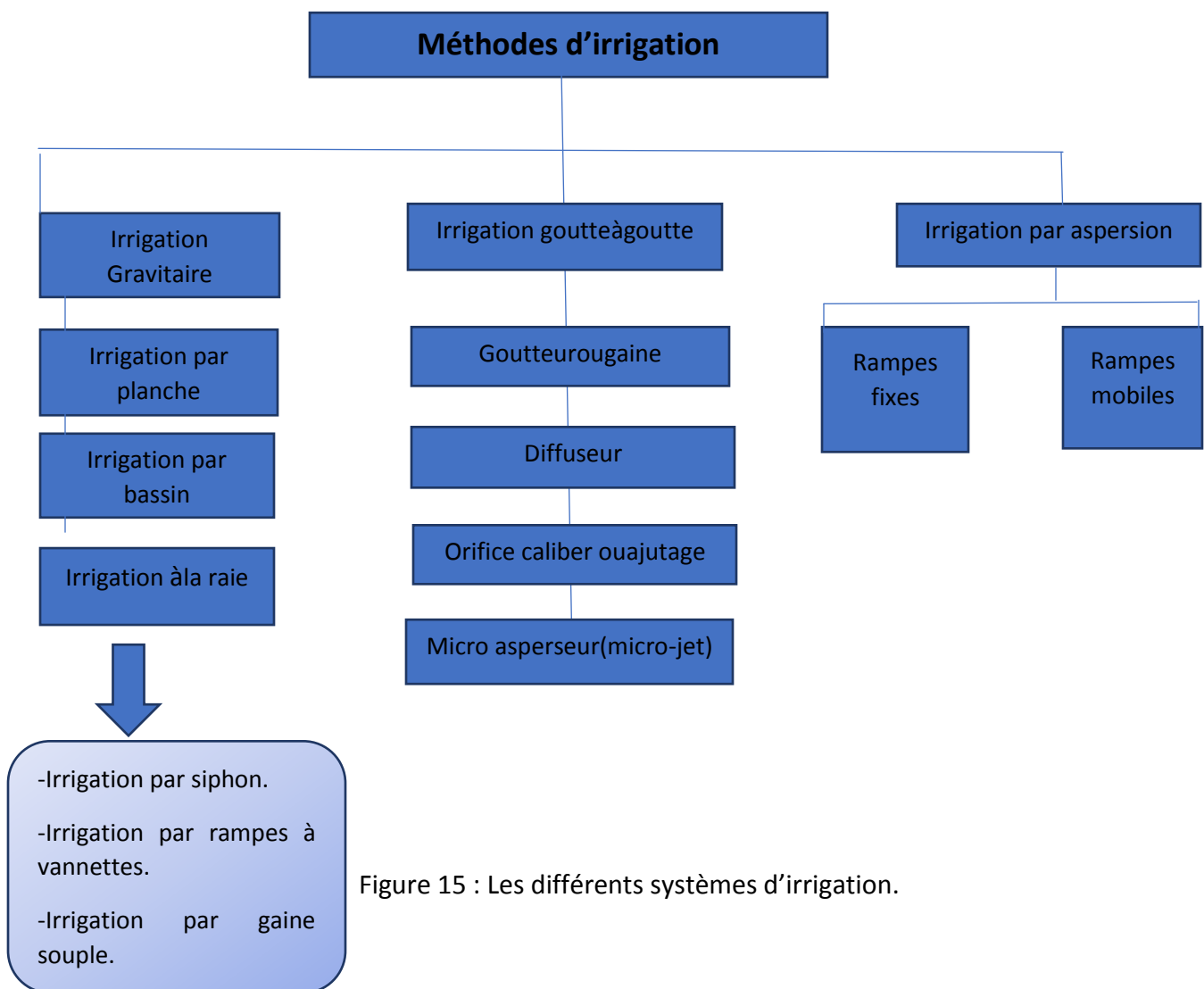


Figure 15 : Les différents systèmes d'irrigation.

1. Irrigation gravitaire traditionnelle :

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

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

- **L'irrigation par planche (irrigation par ruissellement) :**

Consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables.

- **L'irrigation par bassin:**

C'est la plus connue dans l'irrigation gravitaire. Sa pratique sur un sol nivelé (pente 0,1% à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération, qui consiste à remplir le bassin, font que cette technique est fréquemment utilisée. Dans plusieurs régions du Maroc, la taille des bassins est de 40 à 50m² et cette technique est connue

sous le nom "Robta". Cette dernière occasionne une perte importante de superficie due au nombre important de cloisonnements.

- **L'irrigation à la raie:**

Irrigation à la raie ou par rigole convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2% et 3%. Les sillons sont séparés par une distance variant entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et de la culture.

Suivant le débit dont on dispose, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau.

L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation : par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple ou par transirrigation.

a. Irrigation par siphon :

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

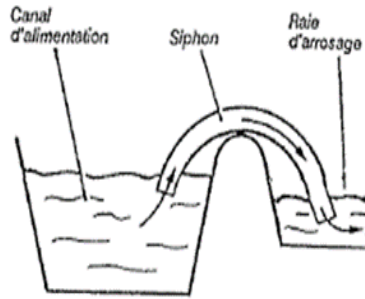


Figure 16 : Schéma et photo de l'irrigation par siphon

b. Irrigation par gaine souple :

Ce type d'irrigation ayant une charge de 0,4 m à 1 m convient mieux pour un sol relativement plat. Les débits de dérivation sont de l'ordre de 2 l/s. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste. Les gaines ne peuvent en aucun cas être utilisées pour élever l'eau et leurs extrémités restent ouvertes sous peine de destruction par une surpression. Les extrémités doivent être posées sur des objets d'une hauteur d'environ 1m.



Figure 17: Irrigation par gaine souple.

c. Transirrigation :

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

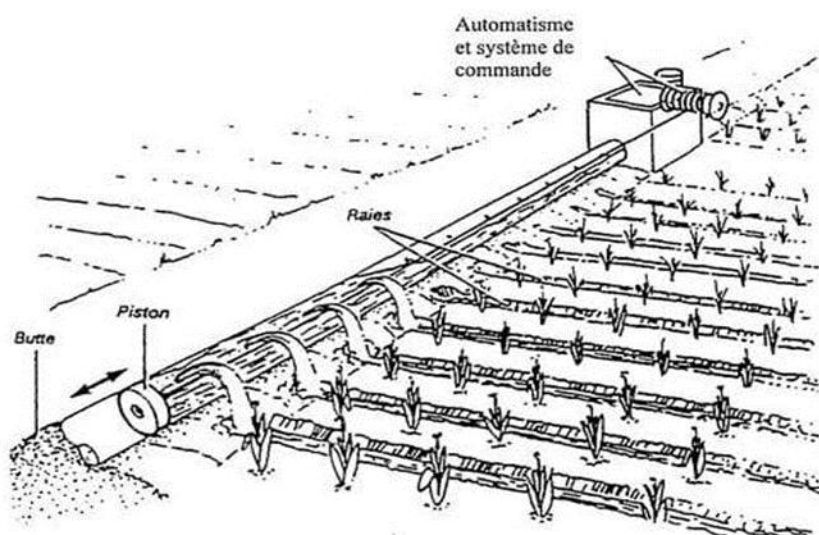


Figure 18 : Schéma de la transirrigation.

2. Irrigation sous pression :

a. Irrigation par aspersion :

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, en suite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle. Il existe deux grandes catégories d'arrosage par aspersion en fonction du matériel utilisé :

- **Les rampes mobiles.**
- **Les rampes fixes.**

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



Figure 19 : l'irrigation par aspersion.

b. l'irrigation par goutte à goutte :

Système « basse pression » (0,5 à 2 bars), par le biais des goutteurs. L'irrigation goutte à goutte consiste à apporter régulièrement et de façon localisée au niveau des racines la juste quantité d'eau dont la plante a besoin. Les plus utilisés sont

les goutteurs intégrés, les boutons et de moins en moins les goutteurs en ligne. Ces trois types de goutteurs sont des organes de distribution, dont la conception particulière permet de délivrer l'eau à faible débit dans des conditions de régime turbulent. Ces différents goutteurs existent sous une forme autorégulant présentant l'avantage de délivrer un débit homogène, même quand la pression varie à l'intérieur d'une gamme.

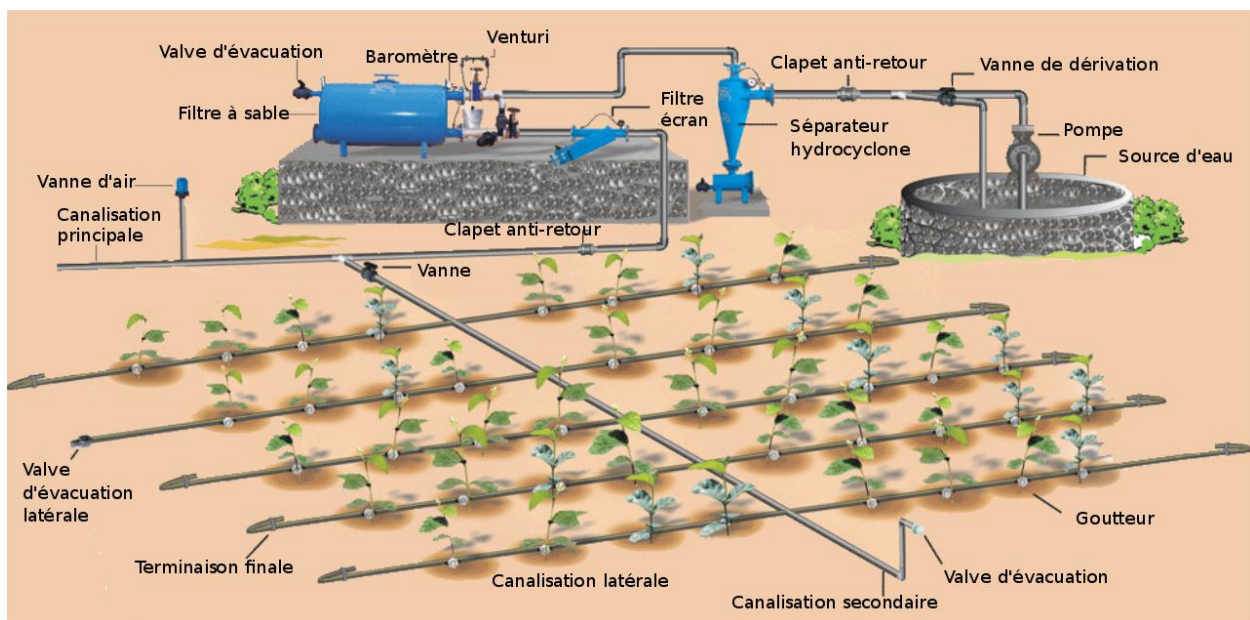


Figure 20: Schéma d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.

*Avantages :

- **Précision de l'apport en eau** : l'eau est déposée avec précision à un volume de sol restreint, correspondant à la configuration du système racinaire. Une gestion adéquate de l'eau peut réduire au minimum les pertes en eau et en éléments nutritifs au dessous de la zone racinaire.

- Automatisation** : les systèmes d'irrigation au goutte à goutte sont facilement gérables par des contrôleurs automatiques.

- Adaptation aux conditions topographiques et aux sols difficiles** : le goutte à goutte fonctionne avec succès sur des terrains en pente raide, sur des sols peu profonds et compacts à faible taux d'infiltration et sur des sols sableux à faible capacité de rétention d'eau.

- Insensibilité au vent** : l'irrigation au goutte à goutte n'est pas affectée par les vents, contrairement au système de l'aspersion. Elle peut donc se pratiquer même par fort vent.

- Faibles besoins en énergie** : en raison de la faible pression, la consommation en énergie de la goutte à goutte est beaucoup plus faible que celle des autres techniques d'irrigation sous pression comme l'aspersion et les systèmes d'irrigation mécanisés.

* **Les inconvénients :**

- Risques d'obstruction** : les étroits passages des émetteurs sont susceptibles d'être obstrués par des particules solides, des matériaux organiques en suspension ou la précipitation de sels chimiques contenus dans l'eau. L'obstruction peut encore être occasionnée par la succion de particules de sol et l'intrusion de racines dans le goutteur.

- Coût initiaux élevés** : en raison du grand nombre de conduits latéraux et d'émetteurs, il est généralement difficile de déplacer le système au cours de la saison agricole. La plupart des installations sont fixes, d'où un coût d'équipement élevé par zone irriguée.

•**Accumulation de sel à la surface du sol** : le mouvement capillaire de l'eau dans la terre irriguée vers le haut et l'évaporation de la surface du sol laissent une forte concentration de sels dans la couche supérieure du sol. Les pluies même légères dissolvent les sels accumulés vers la zone racinaire active pouvant endommager les cultures.

3. Plan d'action National pour l'Economie de l'Eau d'Irrigation (PNEEI).

Le PNEEI a été initié pour permettre au secteur de l'agriculture irriguée de faire face à la raréfaction des ressources en eau et de valoriser au mieux les ressources en eau limitée au pays

Les actions entreprises en matière d'économie d'eau s'articulent autour de cinq axes:

1-La réhabilitation et la modernisation des équipements vétustes : le Programme National de l'Irrigation a retenu une superficie de 200.000 hectares dont 62.000 en grande hydraulique et 138.000 hectares concernent plus de 600 périmètres de petite et moyenne hydraulique répartis sur l'ensemble du territoire du Royaume.

2- Le renforcement des capacités des ORMVA dans les domaines de la maintenance et de l'exploitation des réseaux : le but est d'assurer un meilleur service de l'eau aux usagers.

3- L'organisation des agriculteurs en Associations d'Usagers des Eaux Agricoles qui constituent le cadre privilégié du dialogue et de la participation effective des bénéficiaires dans la gestion des équipements qui les concernent.

4- La réduction des pertes d'eau et une meilleure planification des arrosages au niveau des exploitations : l'effort dans ce domaine porte sur la mise en place d'un

réseau national de démonstration-vulgarisation pour répondre aux besoins importants concernant l'identification et la diffusion des technologies adaptées et des règles de bonnes pratiques nécessaires à l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation et la valorisation de l'eau.

5- La mise en place d'un système de tarification rationnel qui incite à l'économie de l'eau dans un cadre macro-économique cohérent en termes de prix tant des intrants que des productions agricoles, qui garantit la rentabilité des investissements et la viabilité des exploitations agricoles. La gestion de l'eau comme un bien économique est un moyen important pour promouvoir son usage efficient et équitable et encourager son économie et sa préservation.

CONCLUSION

Les ressources en eau deviennent de plus en plus limitées pour des raisons de demande croissante et concurrentielle des différents secteurs utilisateurs (eau potable, irrigation, industrie, etc...). Le Haouz est connu par sa très longue tradition d'agriculture irriguée, aussi bien à partir des eaux de surface que des eaux souterraines.

Ainsi, on rencontre plusieurs systèmes traditionnels d'irrigation conçus et réalisés par les agriculteurs (séguia, différents systèmes de captages des eaux souterraines: Khattara, puits... etc.). Ces systèmes ont été gérés par des organisations coutumières traditionnelles mises en place par les agriculteurs bénéficiaires.

Les aménagements hydro agricoles réalisés par les pouvoirs publics ainsi que les modes de gestion adoptés ont essayé de préserver leur originalité à ces systèmes d'irrigation notamment par la prise en considération des organisations de gestion en vigueur avant la réalisation des équipements collectifs.

Avec la promulgation en 1990 de la loi N° 2/84 sur les Associations des Usagers des Eaux Agricoles (AUEA), et pour inciter les usagers à participer davantage aux tâches de gestion des réseaux d'irrigation.

Les actions à réaliser sont programmées selon la spécificité de chaque périmètre en tenant compte des aptitudes techniques et managériales des AUEA et vise les objectifs suivants:

- Assurer un meilleur service de l'eau aux usagers au moindre coût.
- Assurer la pérennité des infrastructures hydro agricoles pour lesquels la collectivité a consenti des investissements importants.
- Utiliser l'eau d'une manière rationnelle et concertée.
- Contribuer à l'amélioration de la productivité agricole et des revenus des agriculteurs.

Références bibliographiques

- **DPA (2020) : Exposé deressources en eau et réalisation aménagements hydro-agricoles.**
- **DPA (2020) : Exposé dedonnés sur la zone d'étude.**
- **SARAANE et BEN YAHIA (2018) : « Etude hydrologique du Tensift et recherche des solutions pour réduire les effets néfastes des crues extreme ». Mémoire de fin d'études, Licence en Sciences ET Techniques Eau et Environnement. FSTG, Marrakech, 9p.**
- **EL HALI (2015) : L'impact de l'irrigation sous pression sur le sol et sur l'eau dans le secteur N'Fis N4, Région de l'Oudaya, 18p.**
- **Le Conseil Général du Développement Agricole (2011) : Situation de l'griculture Marocaine, RABAT, 204p.**

<http://ormvah.com/amenagement-service-eau>

<http://France-pivots.com>

<http://rece-niger.org>

<http://www.agriculture.gov.ma>

<http://www.convention-eau-tensift.ma>