



Université Cadi Ayyad  
Faculté des Sciences et Techniques  
Département des Sciences de la Terre



Régie autonome de la distribution  
d'eau et d'électricité de Marrakech

**Mémoire de fin d'études :**  
**LICENCE en SCIENCES et TECHNIQUES**  
**« Eau et Environnement »**

**Alimentation en eau potable du secteur**

**M'hamid - Marrakech**

**Réalisée par : Mlle Madiha Biyah**

**Encadrée par :**

- Pr. AGOUSSINE M'bark (ENSA d'Agadir)
- Mr. FATHI Khalid (RADEEMA- Marrakech)

Soutenu le: 25/06/2014, devant le jury composé de :

- Pr Igmoullan Brahim (jury)
- Pr Agoussine M'barek (Encadrant)
- Mr Fathi Khalid (Encadrant)

Année universitaire : 2013/2014

## *Dédicaces*

*Je dédis ce travail :*

*A mon Père, Biyah Mustapha et ma Mère, Naqir Hafida qui Sont pour moi une source d'encouragement et de soutien, qu'ils voient dans ce travail la récompense de leur endurance, de leurs Nombreux Sacrifices et de mes sincères remerciements.*

*A mon encadrant le Pr Mbark Agoussine.*

*A mes enseignants.*

*A mes chers (es) amis (es) et collègues.*

*A ma famille et spécialement mes sœurs et mon frère.*

*A toute personne qui m'aime, et qui contribuera à ma joie familiale Et mon bonheur professionnel.*

## Remerciements

*Avant toute chose, qu'il me soit permis de remercier Dieu tout puissant, source d'intelligence et de sagesse infinies.*

*L'accomplissement de ce travail est le fruit d'un semestre de travail, durant lequel j'ai pu compter sur l'appui et la disponibilité de tous les Professeurs du département.*

*Je tiens à remercier en premier lieu, le corps professoral et administratif de la Faculté des sciences et technique de Marrakech, pour leur dévouement à améliorer la qualité de notre formation.*

*Mes vifs remerciements sont adressés à mon encadrant M. AGOUSSINE, Professeur au Département du Génie Industriel à L'Ecole Nationale des Sciences Appliquées (ENSA) d'Agadir, pour sa compréhension, son humanité, ses conseils constructifs. Il n'a épargné ni temps ni efforts pour me permettre de mener ma mission dans de bonnes conditions.*

*Je tiens aussi à témoigner ma reconnaissance et à remercier, pour son aide, sa patience et sa coopération professionnelle mon Co-encadrant Mr Fathi Khalid du département de la planification et programmation la R.A.D.E.E.M.A.*

*Je tiens remercier Mr Daoudi Adil chef département planification et programmation pour son accord de passer le stage au sein de département.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude envers les membres du jury, qui se sont libérés de leurs obligations pour juger ce travail.*

*Ma gratitude va, aussi, à tous ceux qui ont facilité la réalisation de ce travail et qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce sujet.*

*Pour finir, je remercie tout de même mes parents en particulier pour m'avoir permis de poursuivre mes études et pour leurs soutiens.*

## Table des matières

<i>Dédicaces</i> .....	2
<i>Remerciements</i> .....	3
Liste des tableaux :.....	6
Liste des figures :.....	7
Liste des abréviations :.....	8
Introduction et Présentation de la RADEEMA:.....	9
I- Introduction.....	9
II. Présentation de la R.A.D.E.E.M.A.....	10
<i>II.1- Historique de la RADEEMA:</i> .....	10
<i>II.2- Contexte juridique et institutionnel :</i> .....	10
<i>II.3 Chiffres clés de la RADEEMA (année 2012):</i> .....	11
<i>II.4-Organigramme générale de la RADEEMA :</i> .....	12
<i>II .5-Présentation du département de la planification et programmation :</i> .....	13
III. Alimentation en eau potable de la ville de Marrakech.....	15
<i>III.1 Ressources en eau mobilisées pour la ville de Marrakech :</i> .....	15
III.1.1- Les eaux superficielles :.....	15
III.1.2-les eaux souterraines :.....	16
<i>III.2 Le système d'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech :</i> .....	17
III.2.1 Description du système de distribution.....	17
<i>III.3 Les principes de la sectorisation des réseaux.....</i>	18
<i>III.4 Fonctionnement du réseau :</i> .....	20
❖ Fonctionnement de l'étage haut service .....	20
❖ Fonctionnement de l'étage bas service .....	21
❖ Fonctionnement de l'étage Très haut service .....	21
IV. Secteur M'Hamid :.....	24
<i>IV.1-Problématique :</i> .....	24
<i>IV.2-Données générale sur secteur M'Hamid :</i> .....	24
IV.2.1-situation géographique du secteur M'Hamid :.....	24
IV.2.1 Données générale:.....	26
<i>IV.3 -Population, habitat :</i> .....	26
IV.3.1-Projections des besoins en eau potable selon le schéma directeur :.....	27
a- Dotations des différents types de consommateurs :.....	27
b- Rendement de production :.....	28
c-Coefficient de pointe journalière :.....	28
e-Projections des besoins en eau :.....	28
IV.3.2-Confrontation des besoins estimés aux besoins réels :.....	29
<i>IV.4-Principaux Projets identifiés dans la zone M'Hamid (MG6 et MG6EXT).....</i>	30
IV.4.1 Les projets en cours de réalisation identifiés dans cette zone sont:.....	30
IV.4.1.2- Les projets programmés dans cette zone M'Hamid:.....	30
<i>IV.5-Actualisation des estimations des besoins en eau potable. ....</i>	31
Chapitre 3 : Critères de conception du réseau de distribution .....	34
V-Critères de conception du réseau de distribution :.....	34
<i>V.1-Horizon de calcul de la superficie aménagée :</i> .....	34

V.2-Hypothèses de base :	34
V.3-Logiciels utilisés :	36
V.3.1-Présentation du logiciel EPANET :	36
V.3.2 Principes hydrauliques régissant les calculs du logiciel :	37
a) Les lois de base du calcul.....	37
b) Le calcul des pertes de charges:.....	37
V.3.3 Les données nécessaires à la modélisation du réseau d'AEP .....	39
V.3.1-Présentation du logiciel de modélisation PICCOLO:.....	41
Chapitre4 : Conception et dimensionnement du réseau.....	43
IV- Situation actuelle de desserte :	43
IV.1-Vérification du fonctionnement actuel du réseau existant: .....	45
IV.1.1-Présentation du modèle de simulation :	45
VI.1.2-Simulation du réseau existant du secteur M'Hamid sur le logiciel Piccolo:.....	45
IV.2- Solutions proposées pour l'alimentation de la zone d'étude :	46
IV .2.1-Vision du schéma directeur: .....	46
IV.3 - Solutions proposés pour l'alimentation de la zone d'étude :	47
IV.3.1-Vérification du fonctionnement du réseau avec la sous sectorisation proposée .....	49
V-Estimation des travaux:.....	51
V.1-Consistance des travaux: .....	51
V.2-Coût du projet :.....	51
Conclusion générale :	53
Références bibliographiques :	54

## Liste des tableaux :

**Tableau 1 :** Chiffre clés de la RADEEMA .

**Tableau 2:** Autonomie des réservoirs existants pour l'AEP de Marrakech .

**Tableau 3:** nature des conduites du réseau d'EP.

**Tableau 4 :** sous-secteurs du secteur M'Hamid.

**Tableau 5 :** Nombre de population par typologie d'habitat à saturation 2026.

**Tableau 6 :** Dotations des différents types consommateurs à l'horizon de 2020 (l/hab/j):

**Tableau 7 :** Rendement de distribution(%)

**Tableau 8 :** projections futures des besoins en eaux selon l'hypothèse basse du secteur MG6.

**Tableau 9 :** Projections futures des besoins en eaux selon l'hypothèse basse du secteur MG6 ext

**Tableau 11 :** Projections futures des besoins en eaux selon l'hypothèse haute du secteur MG6.

**Tableau 12 :** Projections futures des besoins en eau selon l'hypothèse haute du secteur MG6 ext

**Tableau 13 :** Besoins en enregistrés en 2013.

**Tableau 13 :** Besoins à saturation des projets.

**Tableau 14 :** Demandes actuelles enregistrées dans les deux secteurs .

**Tableau 15 :** Demande à saturation dans les deux secteurs .

**Tableau 17 :** secteur et sous secteurs.

**Tableau 18 :** longueurs et diamètres nominaux des conduites par nature

**Tableau 19 :** prix unitaire des conduites selon les diamètres

**Tableau 20 :** Le détail estimatif gout du projet.

## Liste des figures :

Figure 1 : Organigramme générale de la R.D.E.E.M.A

Figure 2 : Organigramme du département planification et programmation

Figure 3 : schéma montrant les différentes sources d'alimentation en eau potable de la ville De Marrakech.

Figure 4 : carte montrant les différentes sources d'eaux superficielles dans la région de Marrakech.

Figure 5 : Représentation des étages d'alimentation en eau potable de Marrakech (RADEEMA, 2012)

Figure 6 : schéma du système d'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech.

Figure 7: Situation géographique du secteur M'Hamid dans la ville de Marrakech (Google maps, 2014).

Figure 8: sous-secteurs MG6 et MG6 du secteur M'Hamid

Figure 9 : schéma d'occupation du sol de la ville de Marrakech.

Figure 10 : présente la situation des projets et douars identifiés dans la zone d'étude.

Figure11: schéma illustratif de la loi des mailles dans un réseau d'eau potable

Figure 12 : Différentes données des tuyaux

Figure 13 : Différentes données des nœuds

Figure 13 : Ossature du réseau d'AEP existant

Figure 14: Ossature du réseau d'AEP de la zone d'étude adopté par le Schéma directeur

Figure 15 : Schéma du solution propose pour l'AEP du secteur M'Hamid.

## Liste des abréviations :

**AC** : Amiante Ciment

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**BP** : Béton précontraint

**BS** : Bas Service

**DN** : Diamètre Nominal

**FD** : fonte ductile

**Hab** : Habitant

**HS** : Haut Service

**NGM** : Nivellement Général du Maroc

**ONEP** : Office National de l'Eau Potable

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

**PB** : Population Branchée

**PVC** : Polychlorure de Vinyle

**R.A.D.E.E.MA.** : Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de la ville de Marrakech

**SYBA**: Sidi Youssef Ben Ali

**TP** : Trop plein

**MG 6**: M'Hamid 6

**MG 6 ext**: M'Hamid global 6 extensions



## Introduction et Présentation de la RADEEMA:

### I- Introduction

Au Maroc, le secteur d'alimentation en eau potable a connu une réelle dynamique et une augmentation importante de l'accès à l'eau.

A Marrakech, la distribution de l'eau potable est assurée par la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech (RADEEMA), et la production par l'Office national de l'Eau Potable et d'électricité (ONEE).

Mon stage de projet de fin d'étude s'est déroulé au sein de la RADEEMA au département Planification et programmation Eau et Assainissement, chargée des études sectorielles de Marrakech. Ce département a pour objectifs :

- ✓ Étude de faisabilité d'alimentation en eau et équipement en assainissement liquide.
- ✓ Établissement de l'étude technique d'alimentation en eau potable et assainissement liquide.
- ✓ Etablissement des études sectorielles.
- ✓ Suivi et validation du schéma directeur (eau potable, assainissement et électricité)

Mon projet de fin d'étude consiste à la réalisation d'une étude sectorielle d'alimentation en eau potable du secteur M'Hamid, constitue la zone d'extension Sud Ouest de la ville de Marrakech, qui a connu ces dernières années un développement urbain intense favorisé par sa topographie régulière et sa proximité du centre ville et de l'aéroport de la ville. Ce développement s'est traduit par une augmentation rapide des besoins du seul fait de l'accroissement de sa population et de l'amélioration de niveau de vie.

Par ailleurs, le Département d'Exploitation Eau a constaté, suite aux réclamations de la population et des mesures enregistrés dans le réseau, des chutes de pression notamment dans la saison d'estivage.

A fin de résoudre cette problématique, cette étude a pour objet de dégager les mesures nécessaires pour satisfaire les demandes du secteur dans les meilleurs conditions.

## **II. Présentation de la R.A.D.E.E.M.A.**

### **II.1- Historique de la RADEEMA:**

La RADEEMA ou régie autonome de distribution de l'eau, d'électricité et d'assainissement autonome a été créée Le premier janvier 1971. Le premier janvier 1998, la RADEEMA a pris en charge la gestion du service de l'assainissement liquide suite aux délibérations de la communauté urbaine de Marrakech. (RADEEMA, 2014)

La Régie est chargée d'assurer à l'intérieur du périmètre urbain et des zones limitrophes de la ville, le service public de distribution d'Eau et d'électricité, et d'assainissement liquide.

Pour le service assainissement, après la prise en charge de la gestion de ce service en 1998, La RADEEMA a déployé des efforts considérables pour la mise à niveau de ce secteur visant la généralisation du service sur le territoire de desserte, l'amélioration des conditions sanitaires et le respect de l'environnement.

Dix années après, la RADEEMA s'est lancée dans une nouvelle expérience, il s'agit du traitement complet et de la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des espaces verts. Ce projet dont les travaux sont en cours de réalisation, s'inscrit dans la stratégie de la gestion intégrée des ressources en eau et permettra à son achèvement de mobiliser une ressource alternative et renouvelable pour l'irrigation des espaces verts notamment des golfs par les eaux usées épurées, Contribuant ainsi au développement urbanistique et touristique de la cité ocre et ses environs.

En perspective, la régie continuera son programme d'assainissement liquide en renforçant son réseau et en s'équipant d'une nouvelle station d'épuration et d'étendre le réseau de réutilisation.

### **II.2- Contexte juridique et institutionnel :**

La R.A.D.E.E.M.A. est une société publique à caractère commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Son assise juridique repose principalement sur :

- Le Dahir n° 1-59-315 du 23 juin 1960 concernant les collectivités locales.
- Le décret n° 2-64-394 du 29 septembre 1964 relatif aux régies communales dotées de la personnalité civile et de l'autonomie financière.
- Le règlement intérieur en date du 31 décembre 1970.
- Le Dahir n° 1-03-195 du 11 novembre 2003 portant promulgation de la loi n° 69- 00 relative au contrôle financier de l'Etat sur les entreprises publiques et autre organismes.
- Le Dahir n° 1-02-124 du 13 juin 2002 portant promulgation de la loi n° 62-99 formant code des juridictions financières. La Régie est administré par un Conseil d'Administration et un Comité de Direction. Outre les relations avec les clients, les Communes Urbaines, le Ministère de l'Intérieur, le ministère des finances, la RADEEMA est en relation avec les autres acteurs et institutions du secteur.

### II.3 Chiffres clés de la RADEEMA (année 2012):

Chiffre d'affaire	1449 Millions DH
Capacité d'autofinancement	372 Millions DH
Périmètre d'action	24 000 hectares
Population de service	950 000 habitants
Effectif de la Régie	921
Agences commerciale	13

*Tableau 1 : Chiffre clés de la RADEEMA (RADEEMA ,2012)*

## II.4-Organigramme générale de la RADEEMA :

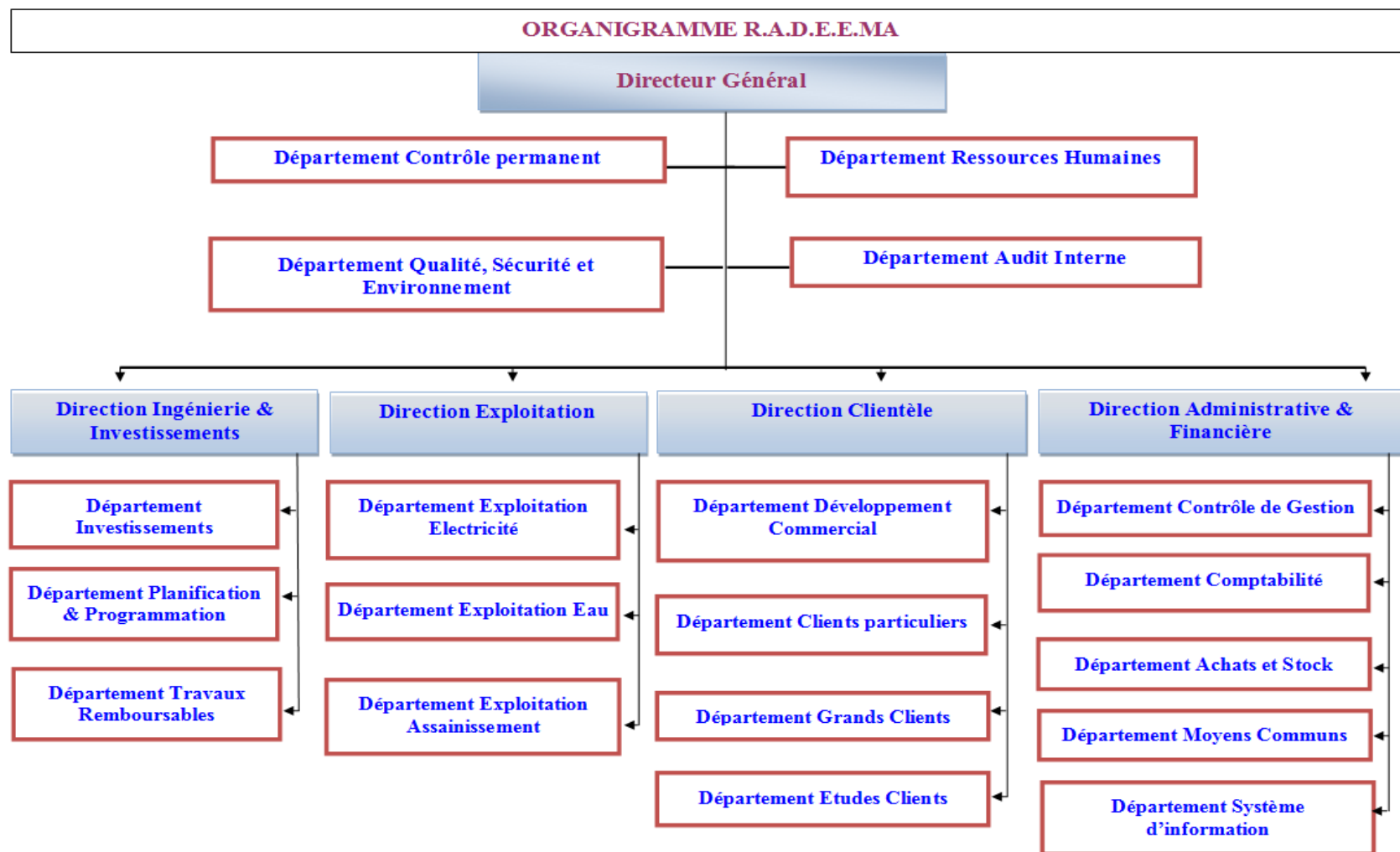


Figure 1 : Organigramme générale de la R.A.D.E.E.M.A

## II .5-Présentation du département de la planification et programmation :

Les objectifs du département planification et programmation (DRP) portent à la fois Sur les activités des planifications et programmation, et de la mise en œuvre du système d'information

Le schéma suivant présente l'organigramme du département DPP :

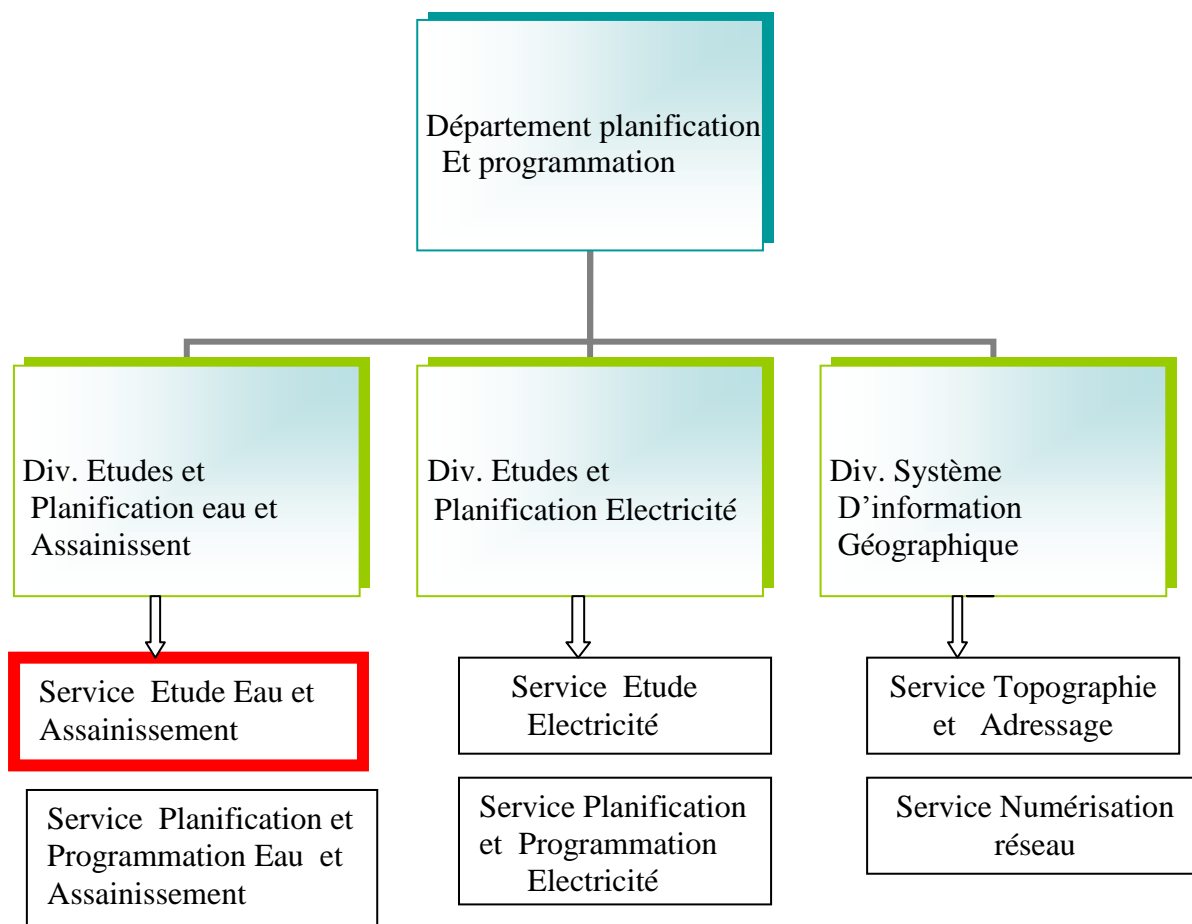


Figure 2 : Organigramme du département planification et programmation

Les objectifs principaux du service Etude Eau et Assainissement dans lequel j'ai effectué mon stage se résument comme suit :

- ❖ Evaluation de l'avancement de la mise en œuvre des schémas directeurs.
- ❖ Actualisation des modélisations des réseaux d'eau potable et d'assainissement.
- ❖ Traitement des hors sites des projets clients en coordination avec le département Etudes et travaux clients.
- ❖ Mise en œuvre des recommandations de l'étude de normalisation du matériel électrique, d'eau et d'assainissement.
- ❖ Réalisation et vérification des études d'assainissement et d'eau potable.

A teal ribbon graphic with a white outline, featuring a central rectangular section and two pointed ends. The text "Chapitre 1" is centered within the central section.

## Chapitre 1

A teal wavy banner graphic with a white outline, containing the text "Alimentation en eau potable de la ville de marrakech" in a white, stylized font.

Alimentation en eau potable de la ville de marrakech

### III. Alimentation en eau potable de la ville de Marrakech

#### III.1 Ressources en eau mobilisées pour la ville de Marrakech :

L'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech est assurée par l'ONEE, entant que producteur exclusif, et par la RADEEMA, entant qu'organisme distributeur. Les ressources en eau potable sont constituées de 99% d'eaux superficielles et 1% d'eaux souterraines du volume mobilisé pour l'AEP de Marrakech. (R.A.D.E.E.M.A, 2014)

L'approvisionnement de la ville en eau potable est résumé sur le schéma ci dessous :



Figure 3 : schéma montrant les différentes sources d'alimentation en eau potable de la ville

#### III.1.1- Les eaux superficielles :

Les eaux superficielles sont mobilisées à partir du barrage Sidi Driss lui-même Alimenté par le barrage Hassan Premier. Elles sont véhiculées par le canal Rcade (d'un linéaire de 118 km et d'une capacité de transit de 12 m³/s) qui alimente le périmètre Irrigué de l'ORMVAH et qui approvisionne en eau brute la station de traitement de l'ONEP. La prise d'eau brute de la station de traitement est située dans la partie avale du canal, au kilomètre 112, et à une distance de 1,7 km de la station de traitement de l'ONEE. Cette station reste la principale source d'alimentation en eau potable de la ville

de Marrakech avec une capacité maximale de traitement de l'ordre de 3200 l/s les eaux traitées sont acheminées gravitairement vers les réservoirs de la RADEEMA.

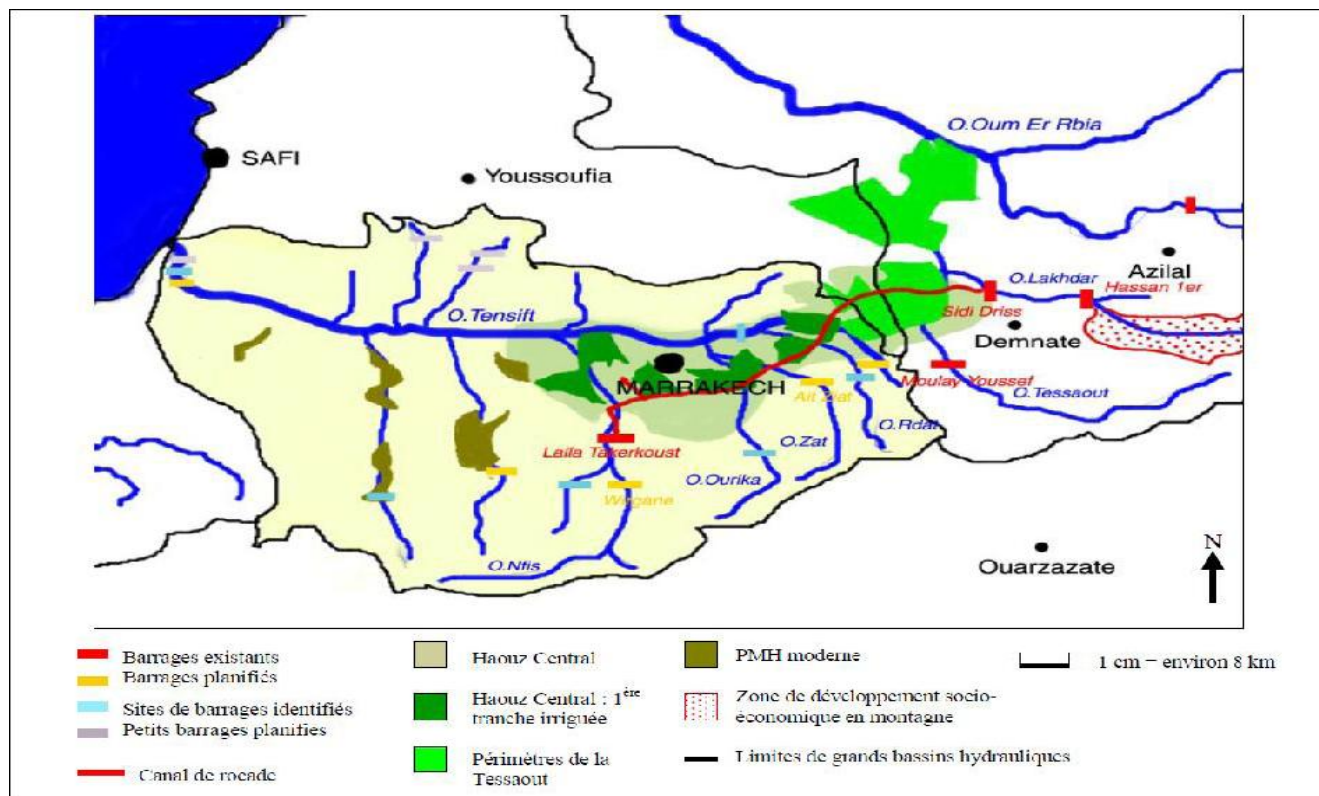


Figure 4 : carte montrant les différentes sources d'eaux superficielles dans la région de Marrakech.

### III.1.2-les eaux souterraines :

Les eaux souterraines proviennent d'une quarantaine de captages dispersés de l'Est à l'Ouest de la ville sur un rayon de 35km, il s'agit de (RADEEMA, 2014):

- Champ de captage de N'Fis, constitué de 13 forages
- 5 forages à Issil
- 8 puits et des khattara à Agdal
- 3 puits à Ourika
- 2 puits au Menara
- 2 puits à Bahja
- Un puits à Iziki

La capacité de production des ressources souterraines a connu une baisse importante, cela est expliqué par plusieurs facteurs :

- Surexploitation
- Utilisation d'un débit non convenable
- Contamination de la nappe
- Absence des aires de recharge
- Profondeur faible



## III.2 Le système d'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech :

### III.2.1 Description du système de distribution

#### a) Réservoirs de stockage existants:

##### ❖ Site de stockage Sidi Moussa :

Situé sur la route d'Ourika à 3 km du canal Rocade, est comprend deux réservoirs

- **Le réservoir semi-enterré 55 000 m<sup>3</sup>**, alimente l'étage haut service de Marrakech

Ses côtes sont :

- ✓ Côte moyenne du terrain naturel : 552,5 NGM
- ✓ Côte du radier : 549 NGM
- ✓ Côte du trop plein : 553,94 NGM

- **Le réservoir surélevé 500 m<sup>3</sup>**, , alimenté par le réservoir 50 000 m<sup>3</sup> via une station de surpression, ce réservoir alimente l'étage très haut service de la ville de Marrakech

Ses côtes sont :

- ✓ Côte moyenne du terrain naturel : 552 NGM
- ✓ Côte du radier : 580 NGM
- ✓ Côte du trop plein : 585 NGM

##### ❖ Site de stockage Ourika:

Situé sur l'avenue Mohammed VI, dans la nouvelle zone touristique de Marrakech de capacité de stockage total de 85 000M3 est comprend deux réservoir,

- **Le réservoir semi-enterré 55 000 m<sup>3</sup>** ses côtes sont les suivantes :

- ✓ Côte moyenne du terrain naturel : 492,45 NGM
- ✓ Côte du radier : 490,06 NGM
- ✓ Côte du trop plein : 494,92 NGM

- **Le réservoir semi-enterré 30 000 m<sup>3</sup>** ses côtes sont celles du réservoir 55 000 m<sup>3</sup>

Désignation		2014	2015	2020
Réservoir route Ourika (85 000m <sup>3</sup> )	Besoins moyens en tête de réseau (m3/j)	106266	125876	132778
	Autonomie (h)	19	18	15
Réservoir sidi Moussa (50000 m <sup>3</sup> ) (Alimentant secteur M'Hamid)	Besoins moyens en tête de réseau (m3/j)	44809	46268	52673
	Autonomie (h)	24	23	20
Total Marrakech (105000 m3)	Besoins moyens en tête de réseau (m3/j)	15175	172144	185451
	Autonomie (h)	17	15	14

Tableau 2: Autonomie des réservoirs existants pour l'AEP de Marrakech (RADEEMA, 2014)

## **b) Réseau de distribution**

Le réseau de distribution dessert les différents secteurs et quartiers de l'agglomération et s'étend pour alimenter plusieurs zones périphériques de la ville de Marrakech. La quasi-totalité du réseau de distribution de Marrakech est un réseau maillé permet l'alimentation en retour et une simple manœuvre de robinet qui permet d'isoler les tronçons, il a aussi une bonne sécurité, par contre il est plus coûteux. Tandis que le reste est un réseau ramifié existant dans les milieux ruraux dans lequel les canalisations ne comportent aucune alimentation en retour, l'inconvénient de ce système c'est qu'il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture par contre il est très économique.

Le réseau totalise actuellement près de 2406 km de conduites de DN 50 à 1 200 mm de différentes natures : béton précontraint, amiante ciment, fonte grise, fonte ductile, PVC et polyéthylène.

Nature	PE	PVC	BP	AC	FD	FG	Total
Linéaire en km	207.1	1353.5	50.6	742.1	15.9	35.7	2406
%	4.5	56.3	1.5	57.1	0.5	0.5	100

*Tableau 3: nature des conduites du réseau d'AEP(RADEEMA,2012)*

Le réseau est constitué de conduites en six matériaux : Le polyéthylène PE, le PVC, le béton précontraint BP, l'Amiante Ciment, la fonte ductile et la fonte grise. L'amiante Ciment et le PVC représentent 93 % du réseau. La fonte grise fait l'objet uniquement de dépose au cours des opérations de renouvellement. Le diagnostic du réseau effectué durant l'étude du schéma directeur a défini que seulement 10 % du réseau a un âge supérieur à 30 ans, ce qui signifie que le réseau est relativement jeune.

### **III.3 Les principes de la sectorisation des réseaux**

La sectorisation d'un réseau consiste à le décomposer en un ou plusieurs sous-réseaux pour lesquels les volumes mis en distribution sont mesurés en permanence ou de façon temporaire. Le but est d'isoler hydrauliquement chaque secteur et de ne l'alimenter que par des points d'entrées sur lesquelles seront installés des dispositifs de comptage. Ainsi, ces secteurs pourront être contrôlés et évalués de manière indépendante.

Le principe est de suivre l'évolution des débits de nuit transitant dans les secteurs parallèlement à l'évolution des volumes journaliers distribués. De l'analyse de ces données, on peut définir les secteurs les plus fuyards. Le secteur présentant la plus grande perte par fuite sera prioritaire sur les autres pour la recherche de fuite.

La ville de Marrakech est divisée en neuf secteurs hydrauliques à savoir:

- la zone touristique
- les secteurs de SYBA

- les secteurs M'Hamid,
- la Medina Sud.
- Secteur Gueliz\_Médina Nord
- Le secteur Targa
- Le secteur stabilisé route de Safi
- Le secteur stabilisé route de Casablanca

Ces secteurs sont conçus selon des critères tels que l'urbanisation, les usages, la nature du réseau, et en tenant compte les éléments suivants:

- Respecter au maximum les divisions techniques du réseau afin de limiter au minimum le nombre de vannes limites à manœuvrer (ou à remplacer) ;
- Les limites des secteurs doivent couper le minimum de conduites et si possible en lignes droites pour faciliter leur suivi dans le temps ;
- Limiter au maximum le nombre de vannes frontières à fermer ;
- Utiliser le minimum de conduites pour alimenter le secteur ;
- Définir l'emplacement des points de mesure du secteur ;
- La taille du secteur ne doit pas perturber la bonne desserte des usagers.

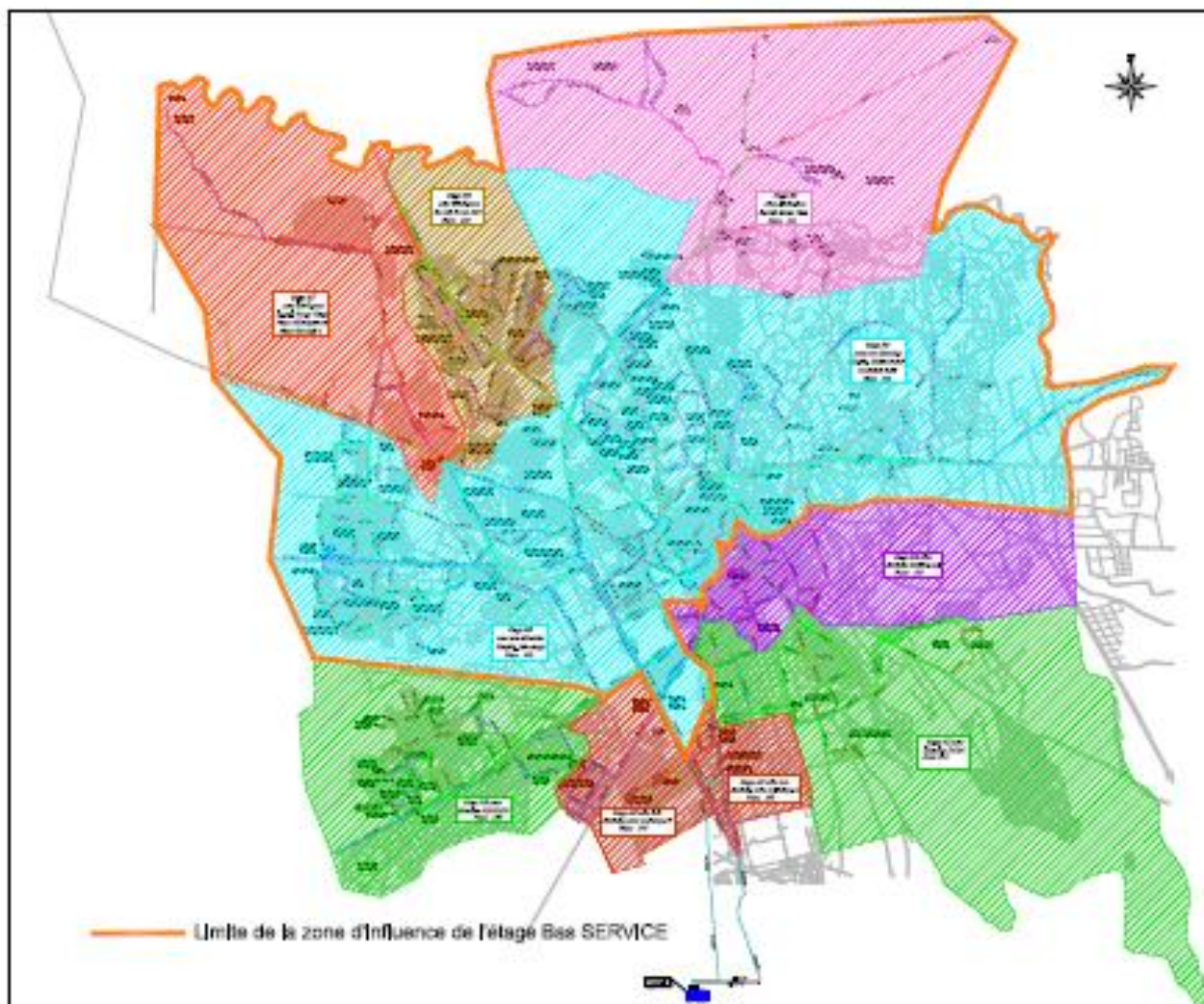


Figure 5 : Représentation des étages d'alimentation en eau potable de Marrakech (RADEEMA, 2012)

### III.4 Fonctionnement du réseau :

Le réseau est organisé en trois étages de pression alimentés à partir des deux complexes hydrauliques existants (le réservoir Sidi Moussa pour le haut service, le réservoir route d'Ourika pour le bas service et le réservoir surélevé pour l'étage très haut service).

#### ❖ Fonctionnement de l'étage haut service

L'étage haut service est alimenté à partir du réservoir 50 000 m<sup>3</sup> Sidi Moussa (cote radier 549 NGM)

Et desservir quatre secteurs déterminés selon la charge piézométrique amont des secteurs.

- la zone touristique
- les secteurs de SYBA
- les secteurs M'Hamid
- La Medina sud

### ❖ **Fonctionnement de l'étage bas service**

L'étage bas service est alimenté à partir du réservoir Route Ourika (cote radier 490 NGM) et desservir cinq secteurs déterminés selon la charge piézométrique amont.

- Le secteur Massira-Hivernage
- Secteur Gueliz\_Médina Nord
- Le secteur Targa
- Le secteur stabilisé route de Safi
- Le secteur stabilisé route de Casablanca

### ❖ **Fonctionnement de l'étage Très haut service**

L'étage très haut service est destiné à alimenter les zone hors d'influence des deux complexe hydrauliques (Sidi Moussa et Route Ourika) notamment les douars situés dans la commune de Tassaltant.

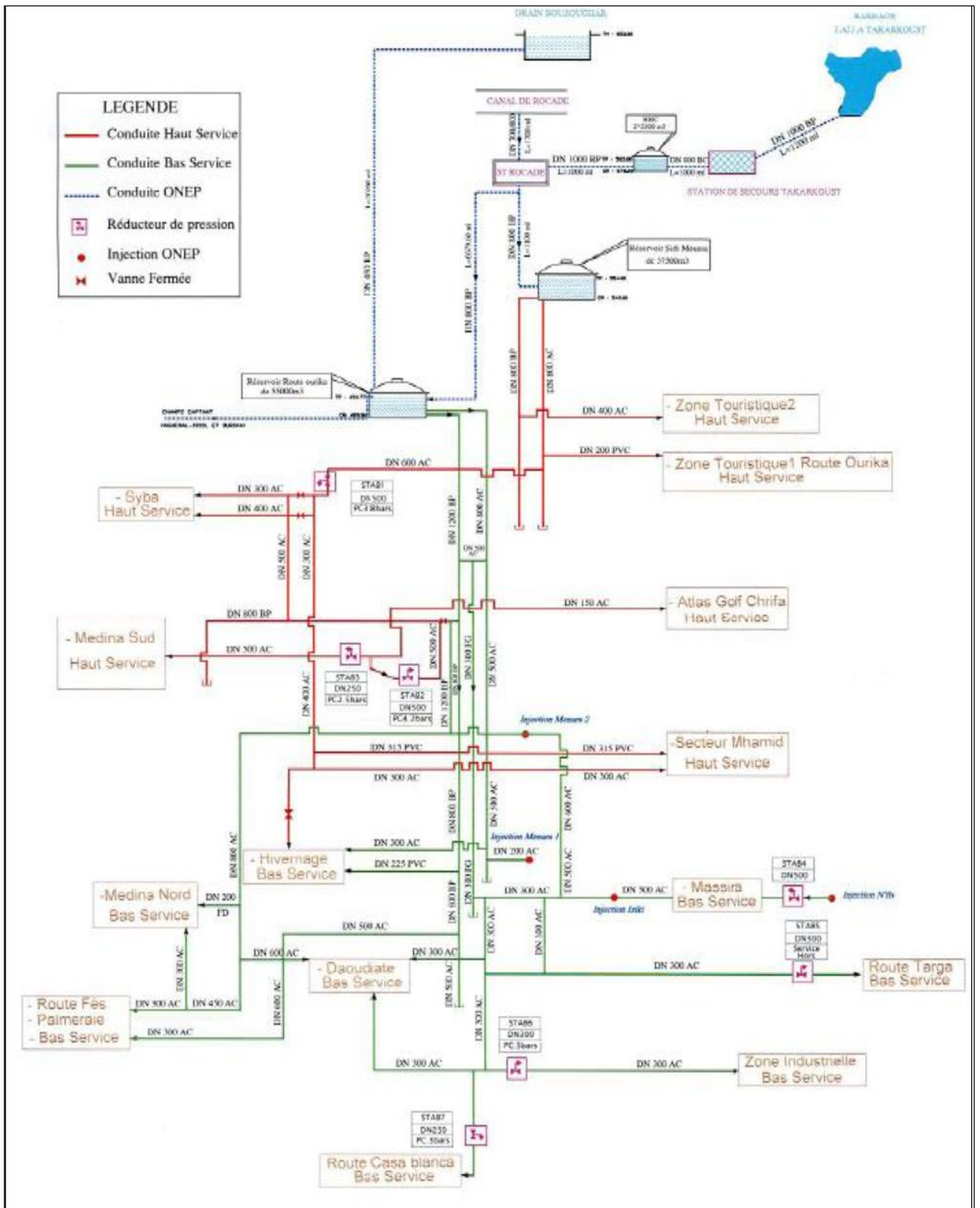


Figure 6 : schéma du système d'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech.

Chapitre 2 :

Secteur M'hamid

## Chapitre 2 : Secteur M'hamid

### IV. Secteur M'Hamid :

#### IV.1-Problématique :

La ville de Marrakech a connu dans les dernières années un développement démographique et urbanistique très important. Pour la RADEEMA, en tant que distributeur d'eau, ce développement s'est traduit non seulement par l'accroissement des besoins en eau mais également par l'extension de la zone d'action en intégrant des nouvelles communes (Saada, tasoultant, Ouahat sidi Brahim et Al Ouidane) qui connaissent elles aussi un essor économique et démographique important.

Dans cet élan, le secteur M'Hamid qui constitue la zone d'extension Sud Ouest de la ville de Marrakech, connaît un développement urbain intense favorisé par sa topographie régulière et sa proximité du centre ville et de l'aéroport de la ville. Ce secteur est caractérisé par un habitat économique et abrite une population de l'ordre de 53 000 hab. (schéma directeur, 2006)

Par ailleurs, le Département d'Exploitation Eau a constaté, suite aux réclamations de la population et des mesures enregistrés dans le réseau, des chutes de pression dans le secteur M'Hamid, notamment dans la saison d'estivage.

Dans ce sens, et afin de satisfaire les demandes de la zone en question dans les meilleurs conditions, une étude technique a été menée par le département Planification et Programmation. Les objectifs assignés à cette étude se résument en ce qui suit :

- Rappeler les estimations futures des besoins en eau potable du schéma directeur et les hypothèses de base de calcul concernant la zone M'Hamid.
- Actualiser les estimations des besoins en eau potables
- dégager les renforcements du réseau d'eau potable pour satisfaire les besoins de la population en tenant en compte les estimations des besoins réajustées.
- Consistance et estimatif des travaux.

#### IV.2-Données générale sur secteur M'Hamid :

##### IV.2.1-situation géographique du secteur M'Hamid :

Le secteur M'Hamid est situé au Sud Ouest de la ville de Marrakech à proximité du centre ville, il est délimité au Sud-est par la route D'Amez Miz, au Nord par l'aéroport Menara et au Sud par la route de contournement Rocade. Elle s'étend sur une superficie de 1950 Ha d'environ.

Ses coordonnées Lambert moyennes sont :

X=244137, Y=118875 et Z=435



Du point de vue administratif le secteur M'Hamid fait partie de la municipalité Ménera Gueliz, Préfecture de Marrakech et comporte 4 principaux quartiers:

- la partie M'Hamid qui se trouve au nord de l'avenue Guemassa
- la partie M'Hamid qui se trouve au sud de l'avenue Guemassa
- la partie BOUAAKAZ
- la zone touristique CHRIFIA



Figure 7: Situation géographique du secteur M'Hamid dans la ville de Marrakech (Google maps, 2014).



Figure 8: sous-secteurs MG6 et MG6 ext du secteur M'Hamid

Cette englobe les deux secteurs Définies dans le schéma directeur comme suit :

Nom	Appellations	Superficie Ha
MG6	M'Hamid Bouakkaz Walili	794
MG6 Ext	M'Hamid 9	1157

Tableau 4 : sous-secteurs du secteur M'Hamid (RADEEMA ,2014)

#### IV.2.1 Données générale:

##### a- Topographie :

La topographie générale du terrain naturel du secteur présente une faible pente orientée vers le Nord-ouest. Les altitudes varient entre 480m et 520 NGM.

##### b- Climatologie

Le climat de la région est de type continental aride caractérisé par une pluviosité et une hygrométrie faibles, une forte évaporation et des températures moyennes élevées, aux écarts mensuels et journaliers importants.

##### c- Géologie :

De point de vue Géologique, ce secteur est situé dans la plaine du Haouz central est considéré comme un bassin de sédimentation modérément subsidient, avant-fosse d'origine tectonique dans laquelle se sont accumulées au Tertiaire et Quaternaire, d'abondantes formations détritiques continentales et fluviatiles, issues du démantèlement des chaînes atlasique.

##### d- Hydrogéologie :

De point de vue hydrogéologique, la nappe phréatique des alluvions constituée la principale ressource en eau souterraine dans la plaine du Haouz. Cette nappe circule dans les alluvions plio-quaternaires l'aquifère est constitué par des dépôts détritiques résultants de l'érosion hydrique de la chaîne atlasique, ces dépôts sont caractérisés par une extrême hétérogénéité horizontale et verticale.

##### e- Température:

Les contrastes de températures sont remarquables, en raison des variations diurnes, saisonnières ou annuelles. A Marrakech, la moyenne annuelle calculée est de 19,9 °C (moyenne mesurée entre 1941 et 1970), avec pour des extrêmes pouvant varier de - 3 °C (février 1935) à 48,1 °C (juillet 1929). Les moyennes mensuelles oscillent entre 11,5 °C en janvier et 28,8 °C en août. Le nombre de jours d'insolation se chiffre à 240 dont 119 d'insolation continue (ONEM, 2007).

#### IV.3 -Population, habitat :

En concertation avec l'agence urbaine de Marrakech, le schéma directeur a dressé une carte d'occupation du sol pour ces secteurs périphériques de la ville de Marrakech à l'horizon de 2026. L'image suivante illustre l'occupation du sol de la ville de Marrakech à l'horizon de 2026. La capacité

d'accueil (à saturation) de chaque secteur en matière de population, de surface de Logement et d'équipement, a été évaluée par le dressage de la situation vers laquelle devraient tendre les secteurs sous l'effet de leur organisation par le biais des règles de densité de population, de type d'habitat et d'utilisation du sol, telles qu'elles sont définies dans les plans d'aménagement corrigés et par les grands projets identifiés. Le tableau suivant présente le nombre de la population par typologie d'habitat à saturation 2026.

Secteur Urbain	Economiques			Immeubles			Villas			Habitat mixte social			Z. Résid. et Hôt, faible dens.			Z. Résid. et Hôt, moyenne dens.			Pop. totale
	Population	Superficie	Densité	Population	Superficie	Densité	Population	Superficie	Densité	Population	Superficie	Densité	Population	Superficie	Densité	Population	Superficie	Densité	
MG6	165 714	426	389	1 750	7	250	975	15	65				4 220	211	20	2 250	10	225	174 909
MG6ext										132 650	379	350	13 226	778	17				145 876
<b>Total</b>	<b>165 714</b>	<b>426</b>	<b>389</b>	<b>1 750</b>	<b>7</b>	<b>250</b>	<b>975</b>	<b>15</b>	<b>65</b>	<b>132 650</b>	<b>379</b>	<b>350</b>	<b>17 446</b>	<b>989</b>	<b>37</b>	<b>2 250</b>	<b>10</b>	<b>225</b>	<b>320 785</b>

*Tableau 5 : Nombre de population par typologie d'habitat à saturation 2026. (RADEEMA, 2014)*

La figure suivante est un extrait de la carte d'occupation du sol montrant les limites géographiques du secteur :

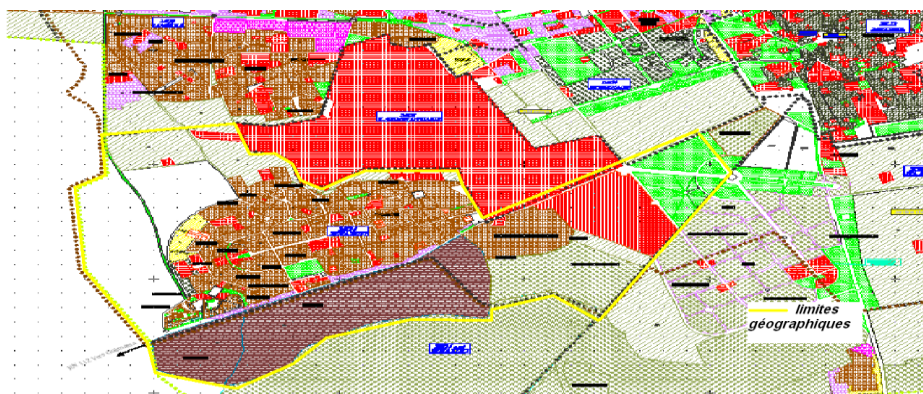


Figure 9 : schéma d'occupation du sol de la ville de Marrakech.

#### **IV.3.1-Projections des besoins en eau potable selon le schéma directeur :**

##### **a- Dotations des différents types de consommateurs :**

Dans le plan directeur les projections futures des différents ratios et dotations sont faite selon trois hypothèses : une hypothèse moyenne encadrée par une hypothèse basse et une hypothèse haut (Schéma directeur ; 2014). Une statistique observée durant les années précédentes. Les différents ratios et dotations futures sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Hypothèses	Population branchée	Population non branchée	Administratives	Industrielle	Hôtels
Basse	96	17	9	4	17
Moyenne	100	20	12	5	19
Haute	104	23	15	6	21

**Tableau 6 :** Dotations des différents types consommateurs à l'horizon de 2020 (l/hab/j):

Hypothèse	2006	2013	2020	2026
Basse	65	72	78	84
Moyenne	65	75	82	85
Haute	65	78	85	85

**Tableau 7 :** Rendement de distribution(%)

### **b- Rendement de production :**

Les projections des rendements du système de production sont celles prévues par l'ONEP (fiche de besoins ONEP établie en 2006) ; soit :

- 95% jusqu'en 2010,
- 96% au de là de 2010.

### **c-Coefficient de pointe journalière :**

La valeur 1.3 est retenue comme coefficient de pointe pour les différents horizons de projection.

### **e-Projections des besoins en eau :**

Les projections futures des besoins en eau sont faites, par les deux méthodes : La méthode analytique et tendancielle, et selon les trois hypothèses de calcul citées ci-avant. La synthèse des besoins en eau, déterminés par la méthode analytiques, selon les trois hypothèses est donnée ci-dessous et présentés par les tableaux suivants :

#### **Hypothèse basse: Secteur MG 6 :**

Secteur MG 6	Prévisions					
	Années	2007	2010	2015	2020	2025
Population (x 1000 hab)	75	87	95	105	115	174
Taux de branchement (en %)	93%	96%	98%	99%	99%	99%
<b>Besoins à la distribution (l/s)</b>						
<b>Moyens</b>	122	145	145	145	158	240
<b>Pointe journalière</b>	159	189	188	188	206	312
<b>Pointe Horaire</b>	238	283	282	282	309	467

**Tableau 8 :** projections futures des besoins en eaux selon l'hypothèse basse du secteur MG6.

**Hypothèse basse: Secteur MG 6 ext :**

Secteur MG 6 Ext	Prévisions					
Années	2007	2010	2015	2020	2025	Saturation
Population (x 1000 hab)	5	6	12	50	78	145
Taux de branchement (en %)	93%	96%	98%	99%	99%	99%
<b>Besoins à la distribution (l/s)</b>						
Moyens	8	10	18	69	107	200
Pointe journalière	11	13	24	90	140	260
Pointe Horaire	16	20	36	134	210	389

*Tableau 9 : Projections futures des besoins en eaux selon l'hypothèse basse du secteur MG6 ext***Hypothèse haute: Secteur MG 6**

Secteur MG 6	Prévisions					
Années	2007	2010	2015	2020	2025	Saturation
Population (x 1000 hab.)	75	87	95	105	115	174
Taux de branchement (en %)	93%	96%	98%	99%	99%	99%
<b>Besoins à la distribution (l/s)</b>						
Moyens	133	142	145	157	172	260
Pointe journalière	172	184	188	204	223	338
Pointe Horaire	258	276	282	306	335	507

*Tableau 11 : Projections futures des besoins en eaux selon l'hypothèse haute du secteur MG6.***Hypothèse haute: Secteur MG 6ext**

Secteur MG 6 Ext	Prévisions					
Années	2007	2010	2015	2020	2025	Saturation
Population (x 1000 hab)	5	6	12	50	78	145
Taux de branchement (en %)	93%	96%	98%	99%	99%	99%
<b>Besoins à la distribution (l/s)</b>						
Moyens	9	10	18	75	116	216
Pointe journalière	11	13	24	97	151	281
Pointe Horaire	17	19	36	146	227	422

*Tableau 12 : Projections futures des besoins en eau selon l'hypothèse haute du secteur MG6 ext***IV.3.2-Confrontation des besoins estimés aux besoins réels :**

Les besoins réels enregistrés en 2013 au niveau de débitmètre DN 400 installé en adjacence avec le stabilisateur de pression sur la conduite DN 500 PVC, sont présentés dans le tableau suivant :

Besoins en 2013	Secteur MG 6	Secteur MG 6 Ext
Besoin min (l/s)	78	15
Besoins max (l/s)	315	64
Besoin moyen (l/s)	193	38

*Tableau 13 : Besoins en enregistrés en 2013.*

Les projections de la méthode analytique sous l'hypothèse moyenne sont considérées par le plan directeur comme projections de base pour l'établissement des bilans et pour le dimensionnement des réseaux.

Ces projections avaient sous-estimé les besoins moyens à l'horizon de 2013. Cet écart peut expliquer par, les dotations utilisées, l'extension de la zone desservie par la RADEEMA ainsi le lancement des grands projets Immobiliers et touristiques dans ces zones. De plus, même l'hypothèse haute avait sous-estimé les besoins en eau potable de ces secteurs.

Face à cette nouvelle donne, un réajustement des projections a été établie sur la base d'une analyse des besoins actuels enregistrés et les besoins des projets lancé ou à lancer dans la zone M'Hamid.

#### **IV.4-Principaux Projets identifiés dans la zone M'Hamid (MG6 et MG6EXT)**

##### **IV.4.1 Les projets en cours de réalisation identifiés dans cette zone sont:**

**Résidence de la vallée ADDOHA (secteur MG6ext):** Situé au Sud Ouest de la zone M'Hamid pour abriter une population de 38 136 habitants avec des différents types d'habitat ; Appartements, Villas, et d'autres équipements.

**Lotissement Fatwaki (secteur MG6):** Situé au Nord Ouest de la zone M'Hamid à proximité de l'aéroport Ménara, il s'agit d'un lotissement qui est en cours de réalisation étalé sur une superficie de 12 Ha et porte sur des lots et des immeubles économiques.

**Lotissement El Khalil (secteur MG6):** Situé au Sud Est de la zone M'Hamid, il s'agit d'un lotissement qui est en cours de réalisation étalé sur une superficie de 1.5 Ha porte sur des lots et économiques.

**Lotissement Chkili (secteur MG6):** Situé au Sud Est de la zone M'Hamid, il s'agit d'un lotissement qui est en cours de réalisation étalé sur une superficie de 1Ha porte sur des immeubles économiques est destiné à abriter 600 appartements économiques.

##### **IV.4.1.2- Les projets programmés dans cette zone M'Hamid:**

**Projet M'Hamid Sud (secteur MG6ext):** présente une capacité d'accueil d'environ 250 000hab et s'étale sur une superficie de 1 500 ha au Sud de l'aéroport dont les types d'habitat est constitué d'Habitat économique, Villa, Habitat mixte et zone touristique.

**Projet Al Goumi (secteur MG6ext):** : présente une capacité d'accueil d'environ 10 000hab et s'étale sur une superficie de 1 500 ha au Sud de l'aéroport dont les types d'habitat est constitué d'Habitat économique, Villa, Habitat mixte et zone touristique.

**Projet Ibn Sina (secteur MG6):** s'étale sur une superficie de 100 ha au Sud de l'aéroport dont les types d'habitat sont constitués d'Habitat économique, Villa et Habitat mixte.

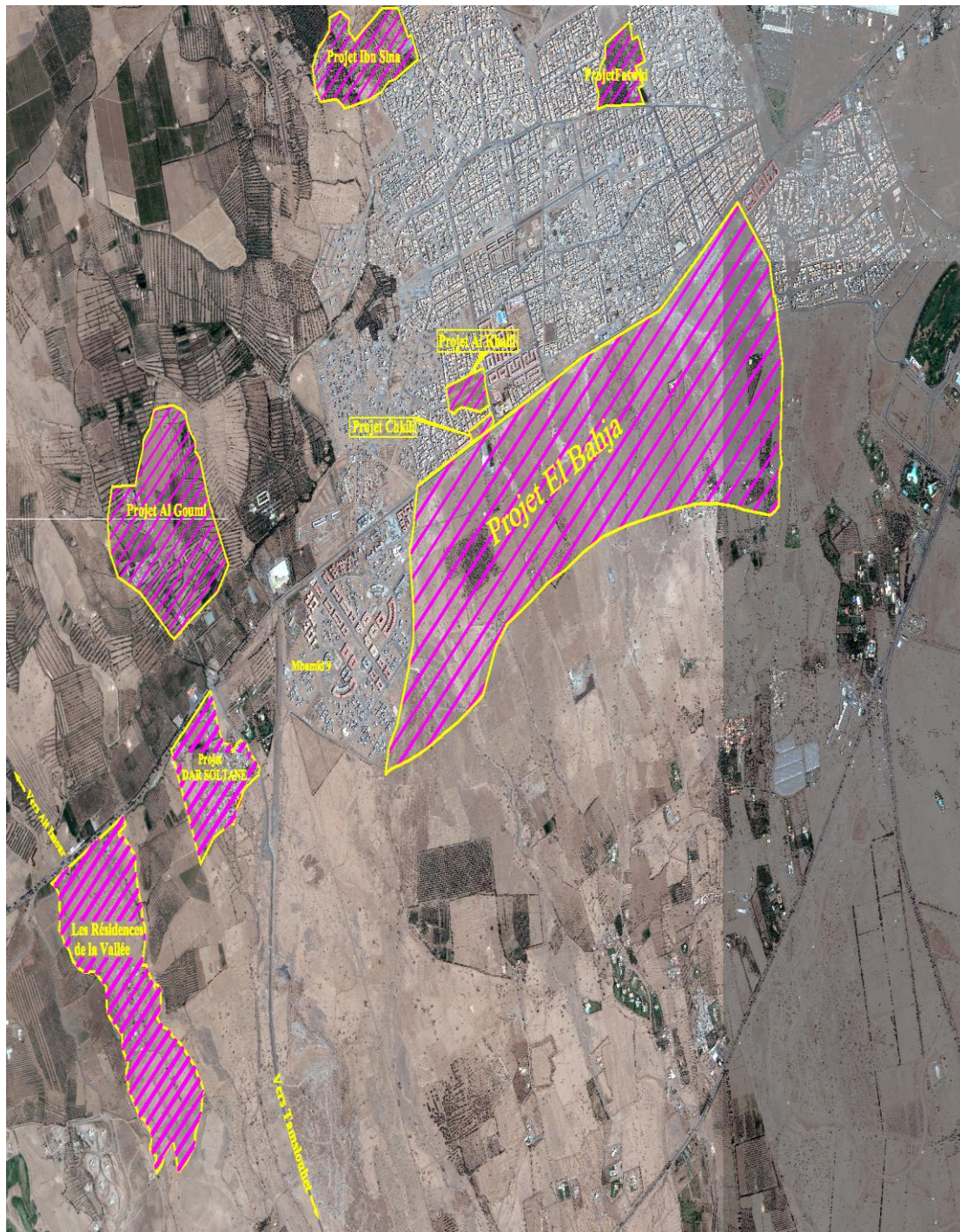


Figure 10 : présente la situation des projets et douars identifiés dans la zone d'étude.

#### **IV.5-Actualisation des estimations des besoins en eau potable.**

L'actualisation des estimations est basée sur les besoins actuelles enregistrés et les besoins des projets lancés ou à lancer dans la zone M'Hamid. Les dotations de l'hypothèse haute ont été retenues pour le calcul des besoins.

Le tableau suivant présente les besoins à saturation des projets cités ci-dessus.

Projet	Besoins moyens (l/s)	Besoins de Pointe journalière (l/s)	Besoins de Pointe horaire (l/s)
Résidence de la vallée	74.07	96.3	144.44
Lotissement Fatwaki	8.44	10.98	16.47
Lotissement Al Khalil	1.85	2.41	3.61
Résidence Chkili	5.56	7.22	10.83
Al Goumi	50.56	65.72	98.58
Lotissement Ibn Sina	72.22	93.89	140.83
Lotissement Bahja	434.03	564.24	846.35
<b>Total (l/s)</b>	646.73	840.75	1261.13

*Tableau 13 : Besoins à saturation des projets*

A ces besoins s'ajoutent les demandes actuelles enregistrées dans les deux secteurs:

Secteur	Besoins Moyen (l/s)	Besoins de Pointe journalière (l/s)	Besoins de Pointe horaire (l/s)
Secteur MG6	193	250.9	376.35
Secteur MG6Ext	38	49.4	74.1
<b>Total (l/s)</b>	231	300.3	450.45

*Tableau 14 : Demandes actuelles enregistrées dans les deux secteurs (R.D.E.E.M.A, 2014)*

Les besoins à saturation de chaque secteur sont présentés dans le tableau suivant:

Secteur	Besoins Moyen (l/s)	Besoins de Pointe journalière (l/s)	Besoins de Pointe horaire (l/s)
Secteur MG 6	281.07	365.4	548.09
Secteur MG 6 Ext	596.66	775.65	1163.48
<b>Total (l/s)</b>	877.73	1141.05	1711.58

*Tableau 15 : Demande à saturation dans les deux secteurs (RADEEMA, 2014)*



A blue ribbon graphic with a white outline, featuring a central rectangular box and two pointed ends.

## Chapitre 3

A blue wavy banner graphic with a white outline, containing text.

Critère de conception et dimensionnement du réseau.

## Chapitre 3 : Critères de conception du réseau de distribution

### V-Critères de conception du réseau de distribution :

#### V.1-Horizon de calcul de la superficie aménagée :

La saturation de la zone d'étude interviendrait au delà de l'horizon d'étude (2040). Ainsi, les ouvrages seront dimensionnés pour l'horizon de saturation, toutefois, leurs conditions de fonctionnement seront vérifiées pour les horizons intermédiaires.

#### V.2-Hypothèses de base :

##### ❖ Débit de dimensionnement

Pour l'horizon considéré, le réseau est calculé avec les débits de distribution de pointe journalière et horaire, déterminés sur la base des besoins moyens à la distribution affectés des coefficients suivants:

- Coefficient de pointe journalière : 1,3
- Coefficient de pointe horaire : 1.5

##### ❖ Vitesses limites :

Le dimensionnement du réseau sera fait de manière à satisfaire les conditions de vitesse suivantes :

- Vitesse maximale: 2,5 m/s (en pointe horaire),
- Vitesse minimale:0,3 m/s.

##### ❖ Pression au sol :

Pour l'ensemble des nœuds du réseau, les pressions doivent satisfaire les conditions suivantes :

##### ✓ Pression minimale

La pression au sol requise varie en fonction de l'élévation des constructions dominées, comme suit :

- Habitat à moins de 4 niveaux : 20 mètres
- Habitat à 4 niveaux: 24 mètres
- Habitat à 5 niveaux: 28 mètres

Dans le présent projet, les variantes étudiées doivent permettre d'assurer en tout point du réseau et dans les conditions les plus défavorables une pression minimum de 20 mètre.

##### ✓ Pression maximale

En tout point du réseau de distribution, la pression maximale ne doit pas dépasser 60m. Dans le cas de variation importante d'altitude, un réseau étagé sera conçu ou bien des appareils de réduction de pression seront prévus.

### ❖ Nature et diamètre des conduites

Le choix de la nature des conduites projetées a porté sur le P.V.C. Les diamètres commercialisés au Maroc varient de 20 mm à 600 mm. Pour des besoins d'exploitation, et s'agissant de l'ossature de réseau, nous adopterons le diamètre minimal de 160 mm. Pour des diamètres supérieurs à 600 mm, des conduites en béton précontraint ou en PRV peuvent être adoptées.

### ❖ Calcul du réseau

#### Formules employées

Les pertes de charge sont calculées selon les formules de Darcy et de Colebrook.

Formule de Darcy :

$$j = \frac{\lambda V^2}{2gD}$$

Formule de Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{k}{3,71D} + \frac{2,51\mu}{VD\sqrt{\lambda}} \right)$$

Où :

j = Pertes de charge linéaires (m/m)

$\lambda$  = Coefficient de perte de charge (adim)

D = Diamètre de la conduite (m)

V = Vitesse de l'eau (m/s)

g = Accélération de la pesanteur (9,81 m/s<sup>2</sup>)

$\mu$  = Viscosité cinématique ( $\mu = 1,32 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s pour une température de 10°C)

k = Rugosité (m)

Le calcul hydraulique du réseau de distribution a été effectué au moyen du logiciel PICCOLO

### ❖ Répartition spatiale des besoins :

La répartition spatiale des besoins en eau est faite selon la méthode nodale qui se base sur l'évaluation des zones d'influence d'un nœud donné. Cette zone d'influence est répartie selon l'occupation des sols (différentes typologies d'habitat).

Pour les zones d'habitat, les surfaces délimitées sont affectées des densités, pour déduire la population concernée, et ensuite des dotations unitaires par typologie pour déduire la consommation de la population branchée.

Les consommations aux nœuds ainsi calculées, sont ensuite divisées par le rendement de distribution, pour avoir les débits moyens à la distribution, et affectées des coefficients de pointe journalière et horaire, pour obtenir les débits de pointe.

Le traitement de ces données est effectué par les logiciels AUTOCAD, pour la détermination des surfaces, et Excel pour le calcul des consommations aux nœuds.

### ❖ Conduites gravitaires :

Le dimensionnement des conduites gravitaires consiste à déterminer le (ou les) diamètre (s) qui absorbe (ent) la charge disponible entre son point de départ et son point d'arrivée, sans avoir recours à des brises charge.

Parmi les conditions à respecter :

- Minimiser le coût de la conduite,
- Limiter la vitesse à 2 m/s,
- Assurer une cote de sortie voisine de la cote du point d'arrivée.

Choix du type de matériau :

Les matériaux utilisés sont le PVC pour les diamètres nominaux inférieurs ou égaux à 500 mm et le béton Précontraint pour les grands diamètres. Au niveau des points bas où la pression est élevée, et des traversées des oueds, on prévoit des tronçons en fonte ou en acier, avec les protections nécessaires.

### V.3-Logiciels utilisés :

Le traçage du réseau d'alimentation en eau potable se fait à l'aide de :

- Une carte de restitution : cette carte représente l'occupation du sol avec des courbes de niveaux, elle permet le choix de l'emplacement du réservoir.
- une image satellite : représente l'occupation du sol et elle permet de déterminer l'endroit de la pose des conduites.
- Une carte topographique permet de déterminer la topographie des terrains pour qu'on puisse savoir la profondeur du tranché à creuser pour l'installation des conduites.
- le logiciel AUTOCAD 2004 nous permet de tracer les conduites selon l'étude théorique de l'installation des conduites et aussi de placer le réservoir.

Après ces étapes de traçage, on enregistre le calque du réseau d'AEP dessiné pour l'exporter au logiciel Piccolo afin de le simuler.

#### V.3.1-Présentation du logiciel EPANET :

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs.

EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau. EPANET a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de

distribution. Et il contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques suivantes :

- La taille du réseau étudié est illimitée.
- Pour calculer les pertes de charge dues à la friction.
- Il inclut les pertes de charge singulières aux coudes, aux tés, etc.
- Il peut modéliser des pompes à vitesse fixe ou variable.
- Il peut calculer l'énergie consommée par une pompe et son coût.

### V.3.2 Principes hydrauliques régissant les calculs du logiciel :

#### a) Les lois de base du calcul

La loi des nœuds et la loi des mailles constituent la base du calcul hydraulique. La loi des nœuds affirme que le débit entrant dans un nœud est quoiqu'il arrive égal au débit sortant de ce nœud et ce quelque soit le nombre d'entrées et de sorties dans ce nœud.

La loi des mailles dit, quant à elle, que la différence de charges  $\Delta H$  (égale à la somme de la pression et de la côte au sol au point considéré) entre deux nœuds est égale à la perte de charge entre ces nœuds (voir figure ci-dessous).

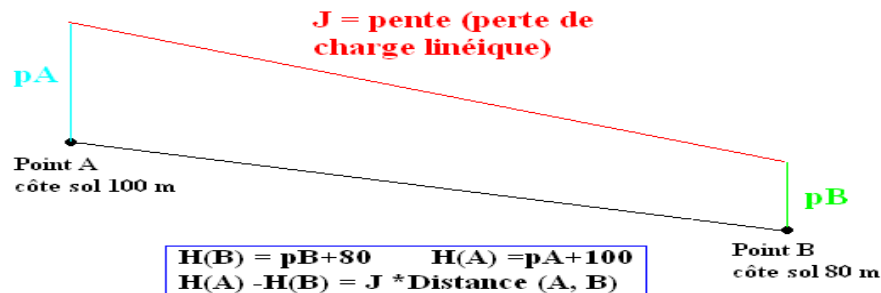


Figure11: schéma illustratif de la loi des mailles dans un réseau d'eau potable

#### b) Le calcul des pertes de charges:

##### ❖ Le calcul des pertes de charge linéaires

Le calcul des pertes de charges linéaires sur le logiciel peut se faire par le biais de trois formules différentes (Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Chezy-Manning). La formule de Hazen-Williams est fortement utilisée aux Etats-Unis et présente la particularité de n'être utilisable que pour l'eau et de n'avoir été développée à la base que pour les écoulements turbulents. La formule de Chezy-Manning est plus souvent utilisée pour les canaux à découvert et pour les grands diamètres. la formule choisi

pour les calculs de Darcy Weisbach qui est la plus utilisée en Europe et qui traite les écoulements de tout type et pour tout liquide.

Les trois formules utilisent l'équation suivante pour calculer les pertes de charge dans chaque tronçon.

:

$$h = A \times q^B$$

**Équation: calcul des pertes de charges dans les conduites**

Avec h la perte charge en unités de longueur, A le coefficient de résistance, q le débit et B l'exposant du débit.

Les coefficients A et B varient suivant les formules. Pour la formule de Darcy Weisbach.

$$A = 0,0827 \times f(\epsilon, d, q) \times d^{-5} \times L$$

**Équation: les coefficients A et B pour la formule de Darcy Weisbach**

Avec L longueur en m du tronçon, d diamètre du tuyau en m, q débit en m<sup>3</sup>/s et le  $\square$  coefficient de rugosité de la conduite en m.

La rugosité correspond à la hauteur des aspérités à la surface de la paroi intérieure d'une canalisation. Plus cette rugosité est importante, plus la perte de charge croît. La rugosité, représentative de l'état intérieur d'une conduite, croît selon la nature de la canalisation (fonte plus rugueuse que le PVC) et avec l'âge de la canalisation.

❖ **Le calcul des pertes de charges singulières :**

Les pertes de charges singulières représentent la présence ponctuelle d'un obstacle à l'écoulement (vanne partiellement ou totalement ouverte, coude, té ou obstacle non identifié). La formule utilisée est la suivante :

$$H = \lambda \square * v^2 / 2g$$

**Équation: calcul de perte de charge singulière par Epanet**

Avec v vitesse de l'écoulement en m/s, le  $\square$  coefficient de perte de charges singulières et g l'accélération de la pesanteur en m.s<sup>-2</sup>.

Le coefficient  $\lambda$  définit la nature de l'obstacle. A titre d'exemple, on affecte un coefficient de perte de charge singulière de 10 pour une vanne à boule entièrement ouverte et 2,5 pour un clapet anti-retour.

### **V.3.3 Les données nécessaires à la modélisation du réseau d'AEP**

#### **a) Les caractéristiques des tronçons**

##### **❖ Le linéaire de conduites**

L'unité de longueur utilisée pour les tuyaux est le mètre. La construction du réseau a été facilitée par le fait qu'il était possible d'importer un fichier représentant le réseau et se comportant comme un fond d'écran. Ainsi, le réseau est facilement représenté.

Ensuite, il a fallu entrer la longueur de chaque tronçon. le linéaire a été récupéré sur le fichier Autocad.

##### **❖ Les diamètres de conduites**

Le deuxième paramètre à insérer est le diamètre des conduites. Ceci ne pose pas de difficultés majeures si ce n'est qu'il faut considérer que le diamètre nominal des conduites en fonte est égal au diamètre intérieur tandis que pour les conduites en PVC le diamètre nominal est égal au diamètre extérieur. Or, le diamètre utilisé pour le calcul est le diamètre intérieur. Le tableau suivant permet de montrer quels sont les diamètres intérieurs des conduites en PVC.

##### **❖ Les rugosités**

La dernière caractéristique à saisir pour décrire un tronçon est le paramètre « rugosité ». Dans un premier temps, nous attribuons une rugosité arbitraire de 0,1mm aux conduites en fonte et de 0,05mm aux conduites en PVC. La rugosité permet de refléter l'état intérieur de la conduite. Ce paramètre variant suivant l'âge, la nature de la canalisation et les sollicitations subies par les conduites, fait partie des paramètres de calage auxquels on ne peut attribuer une valeur définitive en début de projet.

Enfin, les pertes de charges singulières n'ont pas été attribuées de façon systématique à chaque singularité. En effet, il est préférable d'intégrer ces pertes de charge dans le paramètre « rugosité ».

##### **❖ Les caractéristiques des ouvrages spéciaux (Les stabilisateurs de pression aval)**

Sur Epanet, les stabilisateurs avals sont considérés comme des tronçons. On doit donc spécifier les nœuds amont et aval du stabilisateur ainsi que la pression de consigne du stabilisateur et son diamètre. La pression de consigne est la pression que l'on fixe de telle sorte que quelque soit la pression amont, la pression en aval du stabilisateur ne peut excéder la pression de consigne.

Données d'entrées → Tuyau → Données de sorties



Figure 12 : Différentes données des tuyaux

Quand on lance la simulation, le logiciel effectue une série de calcul engendrant soit la réussite de cette tâche soit son échec représenté par un rapport d'avertissement mentionnant les erreurs. La comparaison des résultats sera faite selon 2 critères (les pressions au niveau des nœuds et le débit au niveau des arcs).

#### b) Les caractéristiques des nœuds de demande :

##### ❖ Les cotes au sol

Afin de pouvoir connaître la pression en tout nœud, il est nécessaire de renseigner la case indiquant l'altitude ou cote au sol du nœud. Les côtes au sol de tous les nœuds du réseau ont été récupérées sur le fichier Piccolo du modèle du réseau de Marrakech réalisé dans le cadre de l'élaboration du SDEP de la ville en 2007.

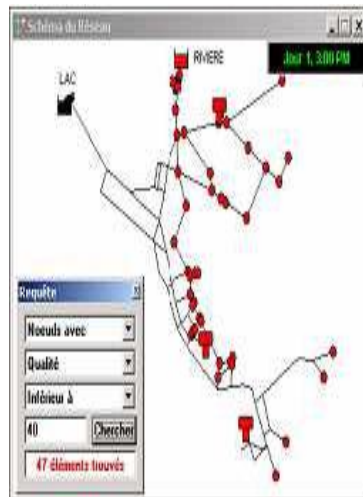
##### ❖ Les demandes aux nœuds

La deuxième donnée inhérente à un nœud est la demande ou débit sortant à ce nœud. Cette donnée est influente dans le calcul hydraulique. Elle s'exprime en litres par seconde. La difficulté réside dans le fait que d'une part, il faut identifier et situer les abonnés géographiquement dans le secteur puis leur attribuer une consommation et d'autre part, il s'agit de les répartir de façon adéquate au niveau de ces nœuds.

Données d'entrées → Nœuds → Données de sortie



Altitude  
Demande de base  
La qualité initiale  
d'eau  
(si on exécute un  
analyse de l'eau)



Charge  
hydraulique  
Pression  
Qualité de l'eau

**Figure 13** : Différentes données des nœuds

### **V.3.1-Présentation du logiciel de modélisation PICCOLO:**

Ce logiciel permet de modéliser l'ensemble des vannes et appareils hydrauliques classiques, les différentes configurations de réservoirs, en régime permanent ou dynamique (RADEEMA, 2011).

Il dispose d'interfaces puissantes et conviviales qui permettent avant tout un apprentissage et une exploitation aisée du logiciel: interface à base de menus déroulants, représentation graphique en couleur intégrée des données et des résultats, saisie et modification des données par simple pointé à l'écran.

Ce logiciel est puissant que EPANET en vue de son variation des accessoires hydraulique, de sa commande manuel à l'aide du clavier et de la puissance de son algorithme de résolution.



## Chapitre 4



Conception et dimensionnement du réseau de desserte du secteur

## Chapitre4 : Conception et dimensionnement du réseau

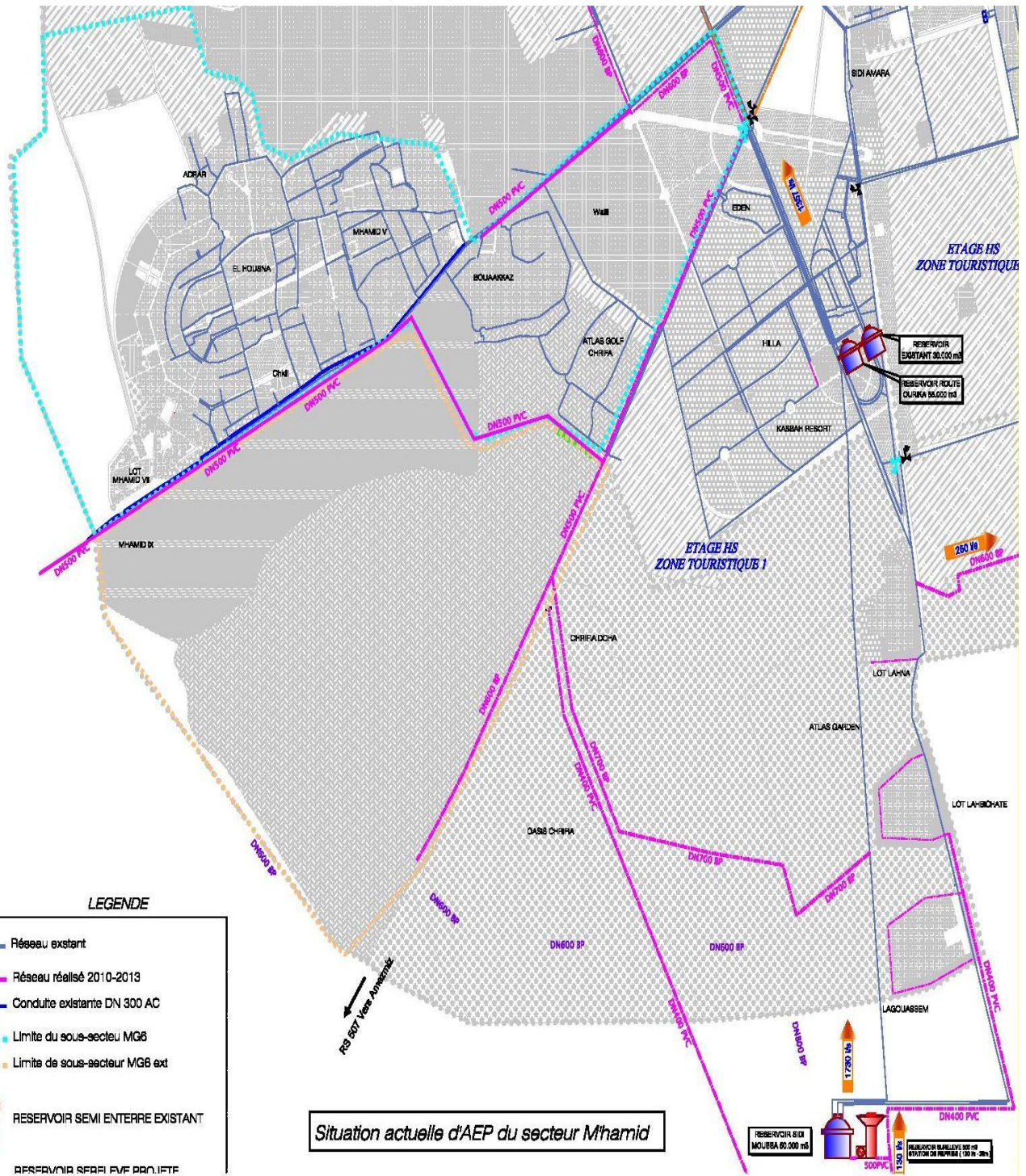
### IV- Situation actuelle de desserte :

Le secteur M'Hamid dont l'altitude varie entre 460 et 495 NGM est alimenté directement à partir de la nouvelle conduite DN500PVC raccordée directement sur les trois conduites : d'une part sur la conduite 315PVC de CHRIFIA et d'autre part sur les conduites 500 PVC et 300AC de M'Hamid.

On peut distinguer 4 grands quartiers dans ce secteur :

- BOUAAKAZ+ WALILI (secteur MG6)
  - M'HAMID 9 (secteur MG6 ext)
  - M'HAMID NORD (secteur MG6)
  - Résidence de la vallée (secteur MG 6 ext)
- La conduite 500 PVC route aéroport alimente les quartiers BOUAAKAZ et Walili et golf Persitgia
- La conduite 500 PVC alimente M'HAMID 9 et M'Hamid Nord, via le by-pass existant entre la 500PVC route Guemessa et la 300 AC en plus du projet résidence de la vallée.

Le schéma suivant présente l'alimentation actuelle du secteur.



**Figure 13** : Ossature du réseau d'AEP existant

- Le linéaire du réseau du secteur M'Hamid est de **225 km** de canalisations, soit 9.3% du linéaire total du réseau. La consommation du secteur est de **5,4 Mm<sup>3</sup>/an**, soit 8,4 % en considérant la consommation globale pour l'année 2010.
- les consommations sont en moyenne de **451560 m<sup>3</sup>/mois**.

#### **IV.1-Vérification du fonctionnement actuel du réseau existant:**

##### **IV.1.1-Présentation du modèle de simulation :**

Dans le cadre de la réalisation de l'étude de l'actualisation du Plan Directeur de distribution d'eau potable de la ville de Marrakech, (marché **N°1529-04**). Il a été établi en 2007 un modèle mathématique du réseau de distribution d'eau potable de la ville de Marrakech, dans l'objectif de construire un outil pour une exploitation efficiente et efficace du réseau. En effet, ce modèle de réseau est d'une aide inestimable au niveau du diagnostic du fonctionnement du réseau et de la compréhension des dysfonctionnements constatés et permet de tester les solutions proposées avant leur mise en œuvre. Il permet aussi de simuler tout incident majeur sur les réseaux (indisponibilité d'un feeder ou d'un réservoir, arrêt d'une station de pompage, ...) et aide à définir les meilleures solutions à envisager.

Ce modèle a été actualisé par le département planification et programmation en 2013 en intégrant les besoins des nouveaux projets consommateur d'eau potable réalisées entre 2007 et 2013 ainsi que les infrastructures réalisées dans la même période

##### **VI.1.2-Simulation du réseau existant du secteur M'Hamid sur le logiciel Piccolo:**

La simulation par Piccolo a permis de faire les constats suivants :

- un grand écart de pression entre les Principaux quartiers du M'Hamid
- Les pressions les plus basses sont enregistrées au niveau du M'Hamid Nord, ils varient entre 20m et 30m dans les quartiers NAHDA.
- Pour le reste du secteur, les pressions dépassent les 30 m dans la majorité du secteur,
- Une surexploitation des conduites d'alimentation en eau potable (vitesse dépasse 3m/s).

En Conclusion la configuration actuelle ne permet pas d'assurer un mode de fonction convenable du réseau d'eau potable du secteur M'Hamid (surexploitation des conduites et faible pression dans M'Hamid Nord). Cette situation peut s'aggraver avec la concrétisation des projets immobilière lancés ou à lancer dans ce secteur M'Hamid .

## IV.2- Solutions proposées pour l'alimentation de la zone d'étude :

### IV .2.1-Vision du schéma directeur:

Pour répondre aux besoins en eau potable de la zone M'Hamid le schéma directeur prévoyait l' alimentation du secteur par le chemin le plus court via la conduite DN 700 dont les travaux sont presque achevés et avec la réalisation des ceintures contournant le secteur, ce choix est dicté en premier lieu, permettre d'éviter de faire des travaux en centre ville, dont le sous sol est déjà encombré de réseaux, qui coûteraient très cher en investissement et en exploitation et en second lieu les conduites périphériques alimenteront directement les nouvelles extensions, sans recours à des transit par l'ossature centrale.

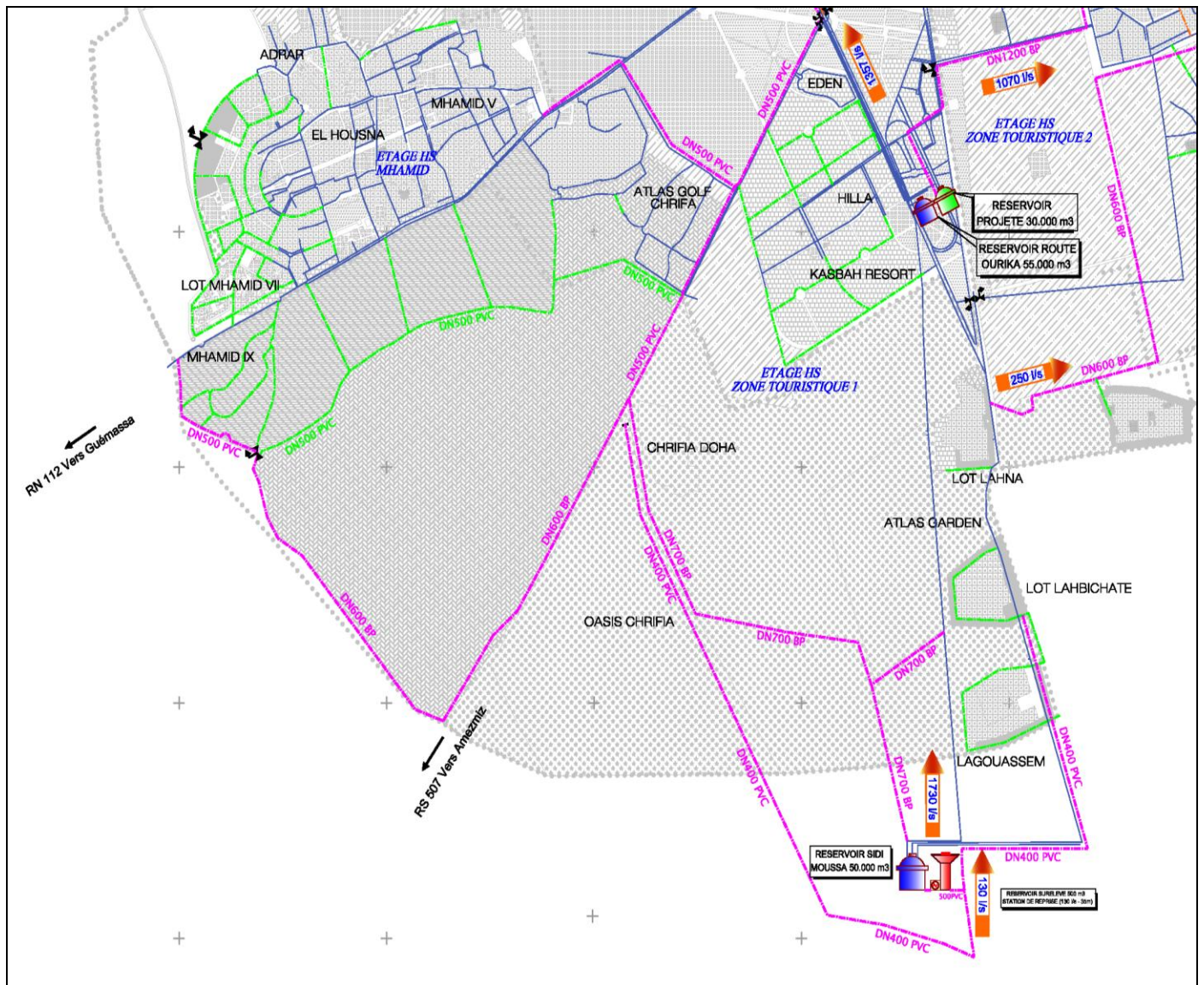


Figure 14: Ossature du réseau d'AEP de la zone d'étude adopté par le Schéma directeur

#### IV.2.2-Contraintes de réalisation de la vision du schéma directeur :

Actuellement cette conception n'est pas envisageable car le sous-secteur MG6ext n'est pas encore viabilisé (problème foncier) et la quasi totalité des projets sont implantés à proximité des voies principales existantes (route Guemessa, route Rocade, route Amez Miz).

De plus la réalisation des ceinture alourdira le coût d'investissement et augmentera le délai d'exécution des travaux.

#### IV.3 - Solutions proposés pour l'alimentation de la zone d'étude :

Pour répondre aux besoins de la zone M'Hamid en divise hydrauliquement le secteur en deux sous-secteur selon le schéma suivant:

Secteur M'Hamid	
MG 6	MG6 ext
Bouakkaz+	M'Hamid 9+
Wallili +	Projet Bahja+
M'Hamid Nord	Résidence de la Vallée

Tableau 17 : secteur et sous secteurs.

Le sous-secteur MG6 ext sera alimenté par le chemin le plus court via la conduite DN 700 sans recours à des transits par l'ossature centrale.

Le sous-secteur MG6 sera alimenté à partir de la conduite obturée au niveau du carrefour de l'entrée de l'aéroport via un prolongement traversant son centre.

Aussi des maillages entre les deux sous-secteurs sont prévus pour sécuriser d'avantage l'alimentation.

Le schéma suivant présente le nouveau réseau d'alimentation proposé pour la réalisation de cette sous sectorisation.

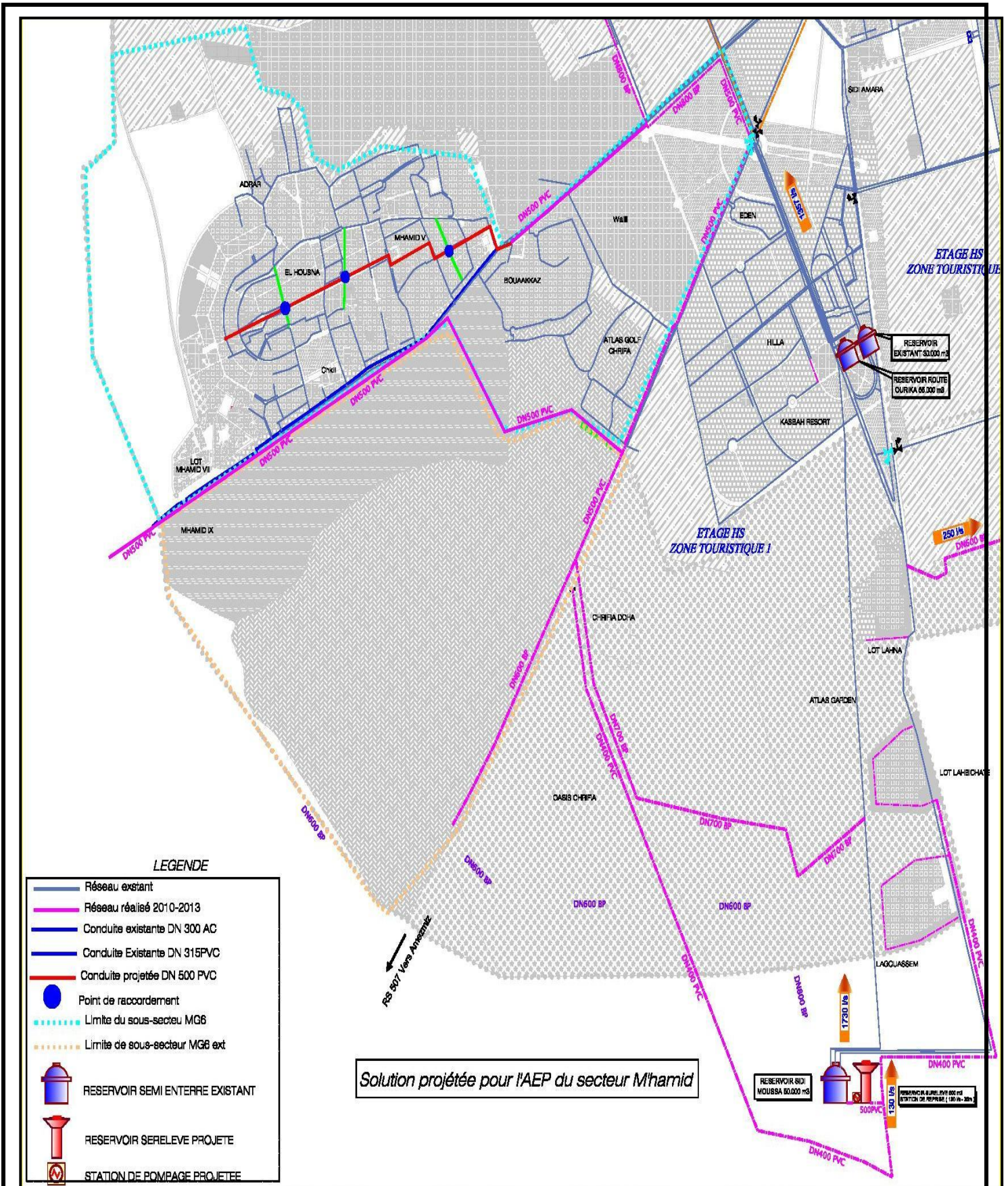


Figure 15 : Schéma du solution propose pour l'AEP du secteur M'Hamid



### **IV.3.1-Vérification du fonctionnement du réseau avec la sous sectorisation proposée**

La satisfaction de la demande ainsi que l'état des pressions ont été évalués pour chaque sous secteur à partir des simulations effectuées sur le logiciel Piccolo. Ces simulations ont montré:

#### **Pour le secteur MG6:**

Besoin de renforcement du réseau avec une conduite DN 500, le tracé de cette conduite est dicté par les contraintes du terrain (encombrement des réseaux dans les voies principales) et choisit de manière à satisfaire les besoins à terme du secteur MG6. le dimensionnement de cette conduite a été fait en tenant compte de dimensionnement cités dans le chapitre3 et après avoir essayé plusieurs scénarios par Piccolo.

Aussi un stabilisateur de pression est un débitmètre électromagnétique seront installé en amont du ce secteur pour éviter les pressions excessives notamment dans la nuit et contrôler l'évolution des besoins du secteur MG6.

#### **Pour le secteur MG6ext:**

La conduite DN 500 en cours d'exécution permet d'assurer les besoins au moyen terme du secteur notamment les projets: (résidence de la vallée, Goumi, douar Sultan et M'Hamid 9). Pour le grand projet El Bahja la réalisation des ceintures prévues par le schéma directeur est nécessaire pour couvrir les besoins de ce projet.

La sous sectorisation avec renforcement du réseau M'Hamid provoque un grand changement au niveau des pressions, les pressions nocturnes dépassent les 50 m, tandis que la pression minimal est de 26 m.

Pour l'exploitation de cette sous sectorisation, les différents sous secteurs doivent être équipés par le matériel de comptage nécessaire à l'entrée des sous secteurs.

A blue ribbon graphic with a central rectangular box containing the text "Chapitre 5".

## Chapitre 5

A blue wavy banner graphic containing the text "Cout et consistance des travaux".

# Cout et consistance des travaux

## V-Estimation des travaux:

### V.1-Consistance des travaux:

Le projet consiste à la réalisation des travaux suivants :

Nature des conduites	DN En mm	Longueur en mètre
PVC PN16	500	2600
PVC PN16	315	42
PVC PN16	225	14
PVC PN16	160	28
PVC PN16	110	14

*Tableau 18 : longueurs et diamètres nominaux des conduites par nature (RADEEMA ,2014)*

### V.2-Coût du projet :

L'estimation du coût des ouvrages projetés sera effectuée sur la base des dernier prix unitaires utilisés par la RADEEMA pour l'évaluation des projets d'AEP.

Des ajustements de certains de ces prix ont été effectués pour tenir compte d'éventuelles contraintes qui risquent de se poser à Marrakech (franchissement de réseaux et obstacles, réfections de chaussées et trottoirs, ...).

Ces prix unitaires sont établis par nature, diamètre et classe de pression des conduites. Ils intègrent : les terrassements, la fourniture, transport, pose et essais de la conduite et les pièces de raccordement (tés, coudes, cônes, raccords, ...).

Les prix retenus ont été majorés pour tenir compte de différentes contraintes, et notamment :

- les terrassements en terrains rocheux,
- la réfection de la chaussée et des trottoirs,
- le croisement des différents réseaux existants (assainissement, téléphone, ...),

Les prix unitaires adoptés pour les matériaux de base sont les suivants :

Conduites	Prix Unitaire (DH HT y compris imprévus)
110 PVC	300
160 PVC	500
225 PVC	800
315 PVC	1200
500 PVC	1600

*Tableau 19 : Prix unitaire des conduites selon les diamètres (RADEEMA, 2014)*

Le coût des pièces spéciales et de la robinetterie (vannes, ventouses, vidanges, ...) est estimé à 15% de celui des conduites.

Le coût global du projet est estimé à environ 5.596 millions de DH T.T.C.  
Le détail estimatif relatif à ce système est présenté dans le tableau ci-dessous.

Conduite	U	Q	PU HT	PP HT
DN 500 mm - PVC PN 16 <i>Le mètre linéaire : _____</i>	<i>ml</i>	2 600	1 600	4 160 000
DN 315 mm - PVC PN 16 <i>Le mètre linéaire : _____</i>	<i>ml</i>	42	1 200	50 400
DN 225 mm - PVC PN 16 <i>Le mètre linéaire : _____</i>	<i>ml</i>	14	800	11 200
DN 160 mm - PVC PN 16 <i>Le mètre linéaire : _____</i>	<i>ml</i>	28	500	14 000
DN 110 mm - PVC PN 16 <i>Le mètre linéaire : _____</i>	<i>ml</i>	14	300	4 200
<b>Sous-Total Conduites</b>				<b>4 239 800</b>
<b>Pièces spéciales</b>		<b>10%</b>		<b>423 980</b>
<b>Total général HT</b>				<b>4 663 780</b>
<b>Taxes (20%)</b>				<b>932 756</b>
<b>Total TTC</b>				<b>5 596 536</b>

Tableau 20 : Le détail estimatif gout du projet. (RADEEMA ,2014)

## Conclusion générale :

Ce travail portant sur l'alimentation en eau potable du secteur M'Hamid était une occasion d'apprentissage et d'acquisition d'un grand nombre de techniques et de connaissances de base liés à l'alimentation en eau potable.

Le secteur M'Hamid qui constitue la zone d'extension Sud Ouest de la ville de Marrakech un développement urbain intense.

Ce développement s'est traduit non seulement par l'accroissement des besoins en eau mais également par l'extension de la zone d'action qui connaissent elles aussi un essor économique et démographique important. Dans ce sens, et afin de satisfaire les demandes de la zone en question dans les meilleures conditions.

les calculs de réseau effectués nous ont permis de proposer une solution pour l'AEP du secteur M'Hamid :

- les secteurs MG6 est pour répondre aux besoins sous-estimés par le schéma directeur, l'alimentation sera assurée par la conduite DN500 longeant la voie Guemessa et obturée au niveau du carrefour de l'entrée de l'aéroport.
- Le secteur MG6 à alimenter par le chemin le plus court via la conduite DN 500.

Afin de vérifier la consistance de schéma proposé, des simulations ont été effectuées sur le logiciel Piccolo ces simulations on donne comme résultats :

✓ **Pour le secteur MG6:**

Besoin de renforcement du réseau avec une conduite DN 500, le tracé de cette conduite et choisit de manière à satisfaire les besoins à terme du secteur MG6

Aussi un stabilisateur de pression est un débitmètre électromagnétique seront installé en amont du ce secteur pour éviter les pressions excessives notamment dans la nuit et contrôler l'évolution des besoins du secteur MG6

✓ **Pour le secteur MG6ext:**

La conduite DN 500 en cours d'exécution permet d'assurer les besoins au moyen terme du secteur

## Références bibliographiques :

- ✓ RADEEMA ,2014 : Réalisation des études du schéma directeur de distribution d'eau potable de la ville de Marrakech.
- ✓ RADEEMA, 2012 : Régie autonome de distribution d'eau et d'électricité, Annexes rapport de gestions 2012 ; Page 20 et 21
- ✓ ONEM, 2007 : Monographie local de l'environnement de la ville de Marrakech.

### Webographie :

- ✓ [http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet\\_fr.pdf](http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet_fr.pdf)
- ✓ <http://maps.google.fr>

