



Faculté des Sciences et Techniques  
Marrakech

VILLE DE MARRAKECH



*Université Cadi Ayyad –  
Faculté des Sciences et Techniques - Marrakech*

**Régie Autonome de Distribution  
d'Eau et d'Electricité de Marrakech**

## Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques  
Option : Eau et Environnement

# Alimentation en eau potable de Ouahat Sidi Brahim (Marrakech)

Date de la soutenance : 28/06/2011

**Réalisé par :** Meriem SNINEH & Nadia ARJDAL

**Encadrées par :** Pr M. AGOUSSINE (FST de Marrakech)  
Mr. DAOUDI ( RADEEMA de Marrakech)  
Mr. BENCHIEKH (RADEEMA Marrakech)

Année universitaire 2010/2011

## *Dédicaces*

*Nous dédions ce travail :*

*A nos pères, Moulay Driss SNINEH et Hassan ARJAL et  
nos mères Farida BERROUMANE et Kelthouma LOUTFI qui  
sont pour nous une source d'encouragement et de soutien, qu'ils voient  
dans ce travail la récompense de leur endurance, de leurs nombreux  
sacrifices et de nos sincères remerciements.*

## REMERCIEMENTS

Au moment où nous achevons ce mémoire qui a été réalisé au sein de la RADEEMA, il nous tient à cœur de dire merci à Dieu sans qui nous n'aurons rien pu faire et d'exprimer notre gratitude à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

Nous exprimons notre profond respect et toute notre reconnaissance à :

- Mr **M. AGOUSSINE**, professeur à la FST de Marrakech
- Mr **M. BENCHEIKH** et Mr **A. DAUDI**, ingénieurs à la RADEEMA

Pour la confiance qu'ils nous ont témoignée en acceptant la direction et le suivi de ce travail.

Nous n'oublions pas ceux qui nous ont initié à la géologie et spécialement l'hydrologie : nos enseignants du Département des Sciences de la Terre à la Faculté des sciences et techniques de Marrakech.

Aux membres du jury qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, nous leur sommes infiniment reconnaissant. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

Nous ne saurions terminer sans remercier nos collègues, ainsi que ceux qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail et dont les noms ne figurent pas ici. A tous ces anonymes, nous disons un grand merci.

# Sommaire

1. Introduction :.....	9
2. Présentation de la RADEEMA :.....	10
<b>2.1- Introduction</b> :.....	10
<b>2.2- Contexte Juridique et institutionnel</b> : .....	10
<b>2.3- Organigramme</b> :.....	12
<b>CHAPITRE 1 : Alimentation en eau potable à Marrakech</b> .....	13
1. Généralités : .....	14
2. Le système d'alimentation en eau potable (AEP) : .....	15
<b>CHAPITRE 2 : Problématique et presentation de l'aire d'étude</b> .....	21
1. Préambule : .....	22
2. Situation géographique de la Commune Ouahat Sidi Brahim :.....	24
3. Démographie de la région étudiée :.....	26
4. Activités économiques de la Commune Ouahat Sidi Brahim :.....	28
<b>4.1- Projets résidentiels</b> :.....	28
<b>4.2- Activités touristiques</b> :.....	29
<b>4.3- Autres activités</b> :.....	30
5. Schéma de l'occupation du sol de Ouahat Sidi Brahim :.....	30
<b>CHAPITRE 3 : Conception du réseau d'AEP et logiciels de modélisation</b> .....	32
1. Critères de conception du réseau de distribution.....	33
<b>1.1- Horizon de calcul</b> .....	33
<b>1.2- Réservoirs</b> .....	33
<b>1.3- Réseau projeté</b> .....	33
a. <b>Débit de dimensionnement</b> :.....	33
b. <b>Vitesses limites</b> : .....	34
c. <b>Pression au sol</b> : .....	34
d. <b>Nature et diamètre des conduites</b> : .....	35
e. <b>Calcul du réseau</b> : .....	36
f. <b>Répartition spatiale des besoins</b> :.....	37
<b>1.4- Les logiciels utilisés</b> :.....	37

a.	Présentation du logiciel EPANET .....	38
☞	Définition : .....	38
☞	Formule prises en charge : .....	38
☞	Données : .....	39
b.	Définition du logiciel de modélisation PICCOLO:.....	41
 <b>CHAPITRE 4 : Projet d'alimentation en eau potable de la commune Ouahat Sidi Brahim .....</b>		<b>42</b>
1.	Les besoins en eau de la zone projetée.....	43
1.1-	Besoins de la population en eau : .....	43
1.2-	Besoins de l'activité administrative en eau : .....	48
1.3-	Besoins de l'activité touristique en eau : .....	49
1.4-	Besoins de l'activité industrielle en eau : .....	49
 <b>CHAPITRE 5 : Scénarios proposés et simulation du réseau .....</b>		<b>51</b>
1.	Présentation : .....	52
2.	Premier scénario : .....	52
3.	Deuxième scénario : .....	55
4.	Troisième scénario : .....	56
Conclusion : .....		59
Annexes:.....		58

## **Liste des tableaux**

Tableau 1 : Autonomie du réservoir existant

Tableau 2 : Linéaire du réseau de distribution ( $DN \geq 80$  mm) par diamètre et par nature

Tableau 3 : Evolution de la population de Ouahat Sidi Brahim entre 1994 et 2030

Tableau 4 : Représentation des projets résidentiels de la commune SB

Tableau 5 : Représentation des projets touristiques de la commune SB

Tableau 6 : L'équipement existant au niveau de la commune SB

Tableau 7 : Représentation des pressions selon les étages d'habitats

Tableau 8 : Les caractéristiques des différents types de conduites, avantages et inconvénients

Tableau 9 : Besoins de la population de Ouahat Sidi Brahim

Tableau 10 : Dotation selon typologie

Tableau 11 : Besoins Administratifs en eau de Ouahat sidi Brahim

Tableau 12 : Besoins touristiques en eau

Tableau 13 : Besoins en eau de l'activité industrielle de la commune

Tableau 14 : Caractéristiques de l'horizon de dimensionnement

## Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la RADEEMA

Figure 2 : Secteur montrant le pourcentage d'utilisation des différentes natures de conduites

Figure 3 : Représentation des étages d'alimentation en eau potable de Marrakech

Figure 4 : Organigramme représentant la source d'alimentation de l'étage bas service

Figure 5 : Réseau d'alimentation en eau potable de la CR Ouahat Sidi Brahim

Figure 6 : Délimitation géographique de la commune rurale Ouahat Sidi Brahim

Figure 7 : Diagramme représentant l'évolution de la population de Ouahat Sidi Brahim entre 1994 et 2030

Figure 8 : Occupation du sol Ouahat Sidi Brahim

Figure 9 : Différentes données des nœuds

Figure 10 : Boîte de dialogue des nœuds

Figure 11 : Différentes données des tuyaux

Figure 12 : Graphique montrant l'augmentation des besoins avec la population

Figure 13 : Caractéristique du réservoir projeté

Figure 14 : Extension à réaliser pour le renforcement du réseau d'AEP

## Abréviation

**AC** : Amiante Ciment

**AEP** : Alimentation en Eau Potable

**BP** : Béton précontraint

**BS** : Bas Service

**Cp** : Coefficient de pointe

**CR** : Commune Rurale

**DN** : Diamètre Nominal

**FD** : fonte ductile

**Hab.** : Habitant

**HCP** : Haut Commissariat au Plan

**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

**PN** : Pression nominale

**PNB** : Population Non 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

**RN** : Route Nationale

**SB** : Sidi Brahim

**SYBA** : Sidi Youssef Ben Ali

**TP** : Trop plein

## **1. 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 (ONEP).

Notre stage de projet de fin d'étude s'est déroulé au sein de la RADEEMA à la Division d'Etude et Planification du Pôle d'Ingénierie et d'Investissement, chargée des études sectorielles de Marrakech. Cette Division a pour objectifs :

- L'accès à l'eau potable en milieu urbain et rural
- L'amélioration des conditions sanitaires

Notre projet de fin d'étude consiste à réalisation d'une étude sectorielle d'alimentation en eau potable de la Commune Rurale Ouahat Sidi Brahim, situé au nord de Marrakech de part et d'autre de la route nationale n° 9, sur la rive droite de l'Oued Tensift.

Cette Commune était alimentée, par le réseau de distribution d'eau potable de Marrakech. la forte augmentation démographique, a engendré une augmentation des besoins en eau et a rendu le volume d'eau desservie insuffisant.

Afin de résoudre la problématique du déficit en eau, cette étude consiste à réinitialiser le réseau de distribution existant pour l'équilibrer avec les demandes.

## **2. Présentation de la RADEEMA :**

### **2.1- Introduction :**

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.

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.

### **2.2- Contexte Juridique et institutionnel :**

La RADEEMA 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 autres 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 administrée 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, à savoir :

\* Agence de Bassin Hydraulique créée par la loi 10-95 (plan directeur d'aménagement des ressources en eau, cours d'eau).

\* Services du MEMEE.

\* Commissions Préfectorales et Provinciales pour l'Eau.

\* Agence urbaine (SDAU).

\* Haut commissariat de l'eau.

### 2.3- Organigramme :

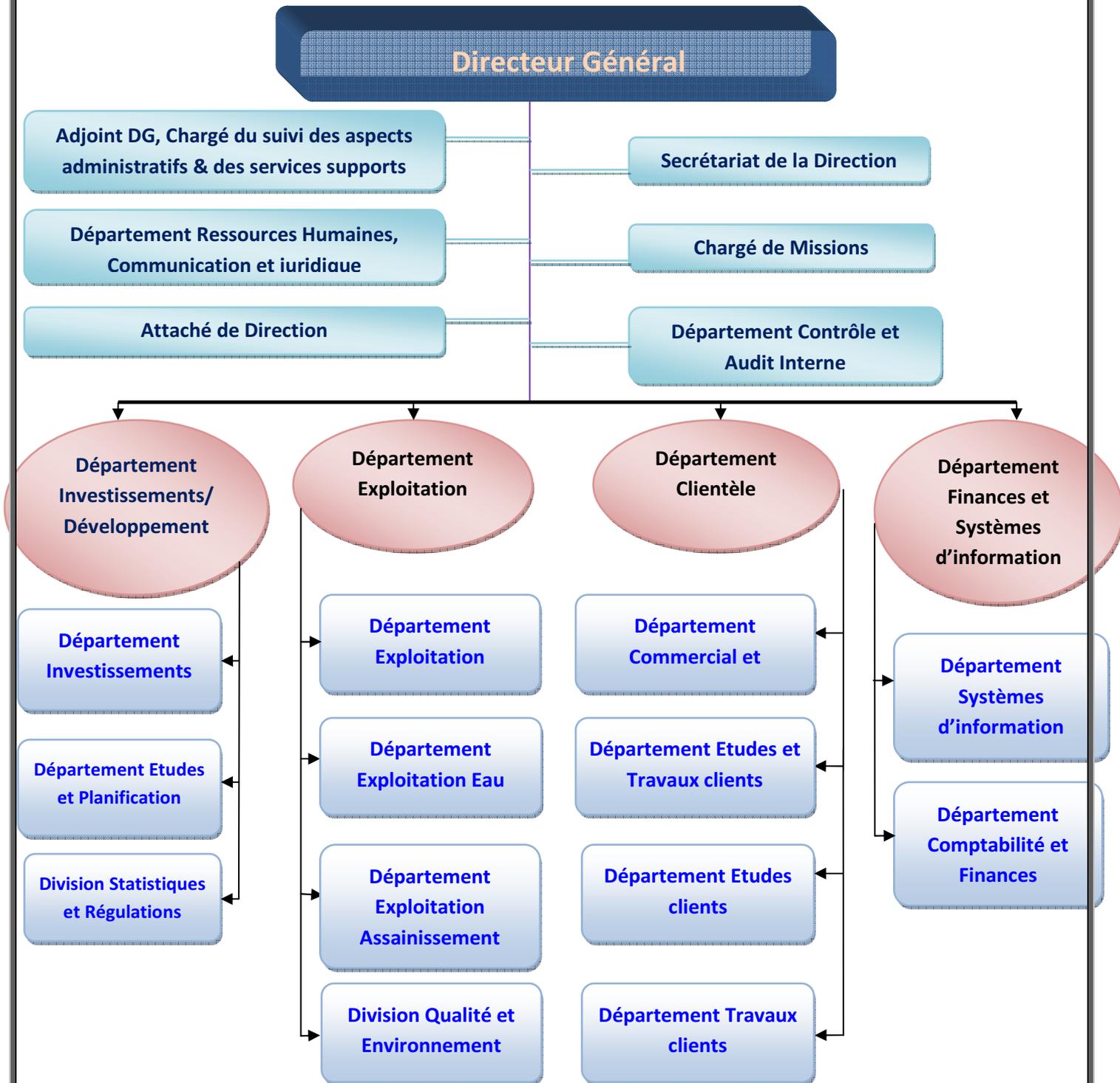


Figure 1 : l'organigramme de la RADEEMA (RADEEMA ; 1999)



**CHAPITRE 1**



**L'alimentation en eau potable à Marrakech**

## 1. Généralités :

L'alimentation en eau potable de la ville de Marrakech est assurée par l'ONEP, entant que producteur exclusif, et par la RADEEMA, entant qu'organisme distributeur.

Les ressources en eau potable sont constituées de 93% d'eaux superficielles et 7% d'eaux souterraines du volume mobilisé (RADEEMA, 2008).

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 :

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

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

- ⑤ Surexploitation
- ⑤ Utilisation d'un débit non convenable
- ⑤ Contamination de la nappe
- ⑤ Absence des aires de recharge
- ⑤ Profondeur faible

Le constat est assez éloquent si l'on sait que la capacité de pompage des équipements installés s'élève à 1170 l/s ; or le débit exploité atteint à peine 300 l/s.

Les eaux de surface sont mobilisées à partir du canal Rcade qui alimente le périmètre irrigué de l'ORMVAH et qui approvisionne en eau brute la station de traitement de l'ONEP. La capacité maximale de traitement de l'ONEP est de 2000 l /s, des travaux de renforcement sont réalisés pour la faire passer à 2700 l/s.

## 2. Le système d'alimentation en eau potable (AEP) :

Les eaux souterraines et de surface sont stockées dans 2 réservoirs :

- ❖ Le réservoir 50 000 m<sup>3</sup>, situé dans le complexe hydraulique Sidi Moussa, sur la route d'Ourika, est alimenté exclusivement à partir de la station de traitement de l'ONEP, 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 55 000 m<sup>3</sup> est situé sur la route d'Ourika, dans la nouvelle zone touristique de Marrakech, 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

Ce réservoir est alimenté de deux cotés par :

- les conduites d'alimentation à partir des forages, du drain et de la Khettara arrivent dans une chambre de vannes principale, abritant les compteurs et les vannes, et déversent par-dessus dans un caniveau relié à la conduite d'alimentation DN 1000 mm du réservoir.
- La conduite d'alimentation à partir de la station de traitement arrive dans un regard de comptage et déverse dans une bêche de mise en charge avec trois sorties : l'une de diamètre DN 1000 mm et les deux autres de DN 500 mm.

Ces deux réservoirs sont semi-enterrés pour des raisons de coût, de conservation de l'eau, de respect de la topographie et d'intégration de l'architecture, leur rôle est de :

- ⑤ Assurer l'autonomie pour au moins une durée de 12 heures (Tableau 1).
- ⑤ Se substituer à l'adduction et aux ouvrages de captage en cas de pannes ou d'interruption au niveau de la production.
- ⑤ Assurer la mise en pression du réseau de desserte des bornes fontaines, ou du réseau de distribution (cas de branchements particuliers).
- ⑤ Assurer la régulation automatique du fonctionnement du groupe de pompage équipant l'ouvrage de captage (cas d'une adduction par refoulement).
- ⑤ Permettre une sécurité en matière de protection contre l'incendie.

Désignation		2004	2011	2015	2020
<i>Réservoir route Ourika (55 000m<sup>3</sup>)</i>	Besoins moyens en tête de réseau (m3/j)	95 712	106 266	125 876	132 778
	Autonomie (h)	14	12	10	10
<i>Réservoir Sidi Moussa (50 000 m<sup>3</sup>)</i>	Besoins moyens en tête de réseau (m3/j)	40 954	44 809	46 268	52 673
	Autonomie (h)	22	20	26	23
<i>Total Marrakech (105 000 m<sup>3</sup>)</i>	Besoins moyens en tête de réseau (m3/j)	136 666	151 075	172 144	185 451
	Autonomie (h)	18	17	15	14

Tableau1 : Autonomie des réservoirs existants (RADEEMA, 2008)

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.

L'ensemble du réseau totalise un linéaire de plus de 2300 km de conduites de différentes natures (BP, AC, PVC, fonte grise ..... ) et de diamètres allant du DN 80 mm jusqu'au DN 1200 mm.

Le tableau 2 et la figure 2 ci-dessous représentant le linéaire du réseau montrent que :

- près des deux tiers du linéaire de ce réseau existant est en amiante ciment et près d'un tiers en PVC, ces deux types de conduites totalisent 97 % du linéaire. La part des conduites en PVC est en constante augmentation ; les nouvelles extensions du réseau sont en PVC.

- Les conduites en béton précontraint totalisent environ 24 km en DN 600 ; 800 et 1 200 mm, et font partie du réseau de feeders de la ville.

- Environ 7 km de conduites de distribution en fonte ductile sont posées au niveau du centre ville, du Mechouar, ...
- Le linéaire des conduites en fonte grise est de moins en moins important (4,6 km), ce matériau est en cours de remplacement progressif par la Régie.
- Le polyéthylène est utilisé en petits diamètres au niveau du réseau de desserte des petits quartiers et au niveau des branchements.
- Les conduites de DN compris entre 80 et 225 mm totalisent environ 1000 km (82% du linéaire) et constituent le réseau de distribution à l'intérieur des quartiers,
- Les conduites principales de DN 250 à 600 mm totalisent près de 192 km (15% du réseau) et constituent l'ossature principale qui alimente les quartiers à partir du réseau de feeders.
- Les feeders de DN 800 et 1200 mm totalisent près de 32 km (3% du linéaire), ils alimentent le réseau à partir des réservoirs et se prolongent jusqu'au centre de la ville. Ce réseau d'AEP est organisé en trois étages (bas, haut et très haut service).

DN (mm)	AC (mL) <sup>1</sup>	PVC (mL)	Fonte ductile (mL)	Fonte grise (mL)	BP (mL)	Total (mL)	Linéaire cumulé (km)	Linéaire cumulé (%)
80	110 595	–	283	91	–	<b>110 969</b>	111.0	9%
90	–	93 529	–	–	–	<b>93 529</b>	204.5	17%
100	272 482	–	–	161	–	<b>272 643</b>	477.1	39%
110	–	135 239	–	506	–	<b>135 746</b>	612.9	50%
125	–	446	–	–	–	<b>446</b>	613.3	50%
135	–	–	–	851	–	<b>851</b>	614.2	50%
150	140 469	–	696	–	–	<b>141 165</b>	755.3	62%
160	–	106 231	–	–	–	<b>106 231</b>	861.6	70%
200	95 600	8 461	3 195	–	–	<b>107 256</b>	968.8	79%
225	–	32 051	–	–	–	<b>32 051</b>	1000.9	82%
250	808	–	1 187	–	–	<b>1 995</b>	1002.9	82%
300	105 719	–	20	3 014	–	<b>108 753</b>	1111.6	91%
315	–	45 898	–	–	–	<b>45 898</b>	1157.5	95%
350	–	–	1 948	–	–	<b>1 948</b>	1159.5	95%
400	4 744	–	–	–	–	<b>4 744</b>	1164.2	95%
450	1 419	–	–	–	–	<b>1 419</b>	1165.6	95%
500	19 402	–	–	–	–	<b>19 402</b>	1185.0	97%
600	4 102	–	–	–	3 453	<b>7 556</b>	1192.6	97%
800	11 501	–	–	–	17 706	<b>29 207</b>	1221.8	100%
1 000	–	–	–	–	0	<b>0</b>	1221.8	100%
1 200	–	–	–	–	2 704	<b>2 704</b>	1224.5	100%
<b>Total</b>	<b>766 840</b>	<b>421 857</b>	<b>7 328</b>	<b>4 623</b>	<b>23 863</b>	<b>1 224 510</b>		
<b>en %</b>	<b>63%</b>	<b>34%</b>	<b>1%</b>	<b>0.4%</b>	<b>2%</b>	<b>100%</b>		

Tableau 2 : Linéaire du réseau de distribution (DN ≥ 80 mm) par diamètre et par nature (RADEEMA, 2008)

<sup>1</sup> mL : mètre linéaire, c'est l'unité de longueur des conduites.

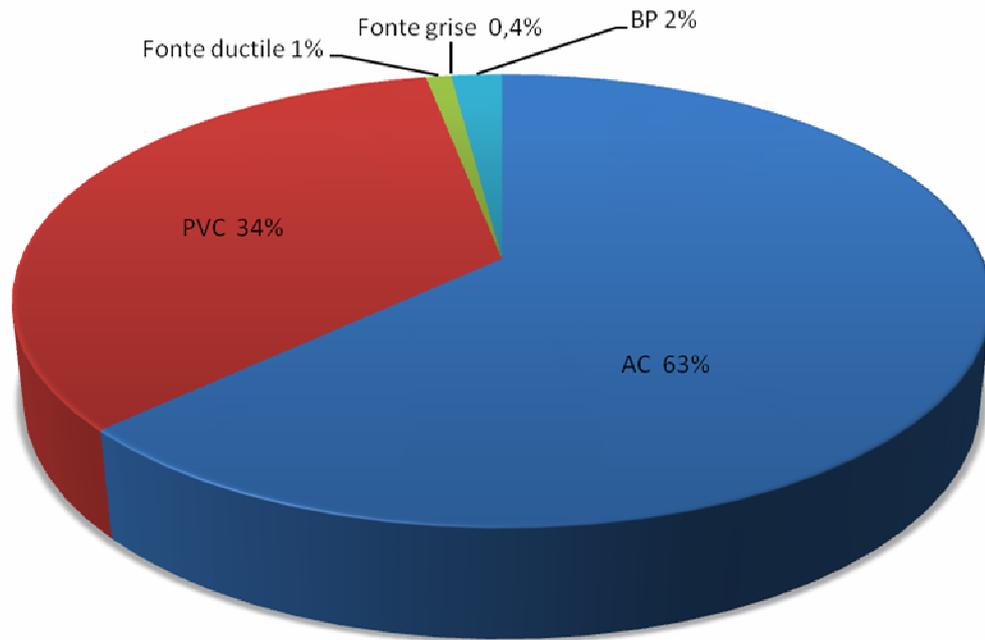


Figure 2 : Secteur montrant le pourcentage d'utilisation de différentes natures de conduites  
(Source : données RADEEMA)

Les étages d'alimentation en eau potable ont été déterminés selon la topographie de Marrakech (une variation d'altitude change l'ordre de grandeur des pressions par exemple : la pression augmente en allant d'une haute à une basse altitude) (figure 3).

- ❖ L'étage bas service (piézo 490 NGM) est alimenté à partir du réservoir route Ourika de 55 000 m<sup>3</sup>, est renforcé par des injections directes (ouvrages ONEP et puits Menara et Iziki) pour améliorer la répartition de la pression.
- ❖ L'étage haut service (piézo 549 NGM) est alimenté à partir du réservoir Sidi Moussa d'une capacité de stockage de 50 000 m<sup>3</sup> par deux conduites principales DN 800 AC et DN 800 mm BP. Les deux conduites sont reliées entre elles par un by-pass qui est fermé.
- ❖ L'étage très haut service (piézo 585 NGM) alimenté à partir d'un réservoir surélevé de 30 m d'une capacité de stockage de 500 m<sup>3</sup>, situé près du réservoir Sidi Moussa, c'est le seul réservoir à pompage, construit pour satisfaire les besoins d'une partie de la zone touristique située entre M'HAMID et SYBA.

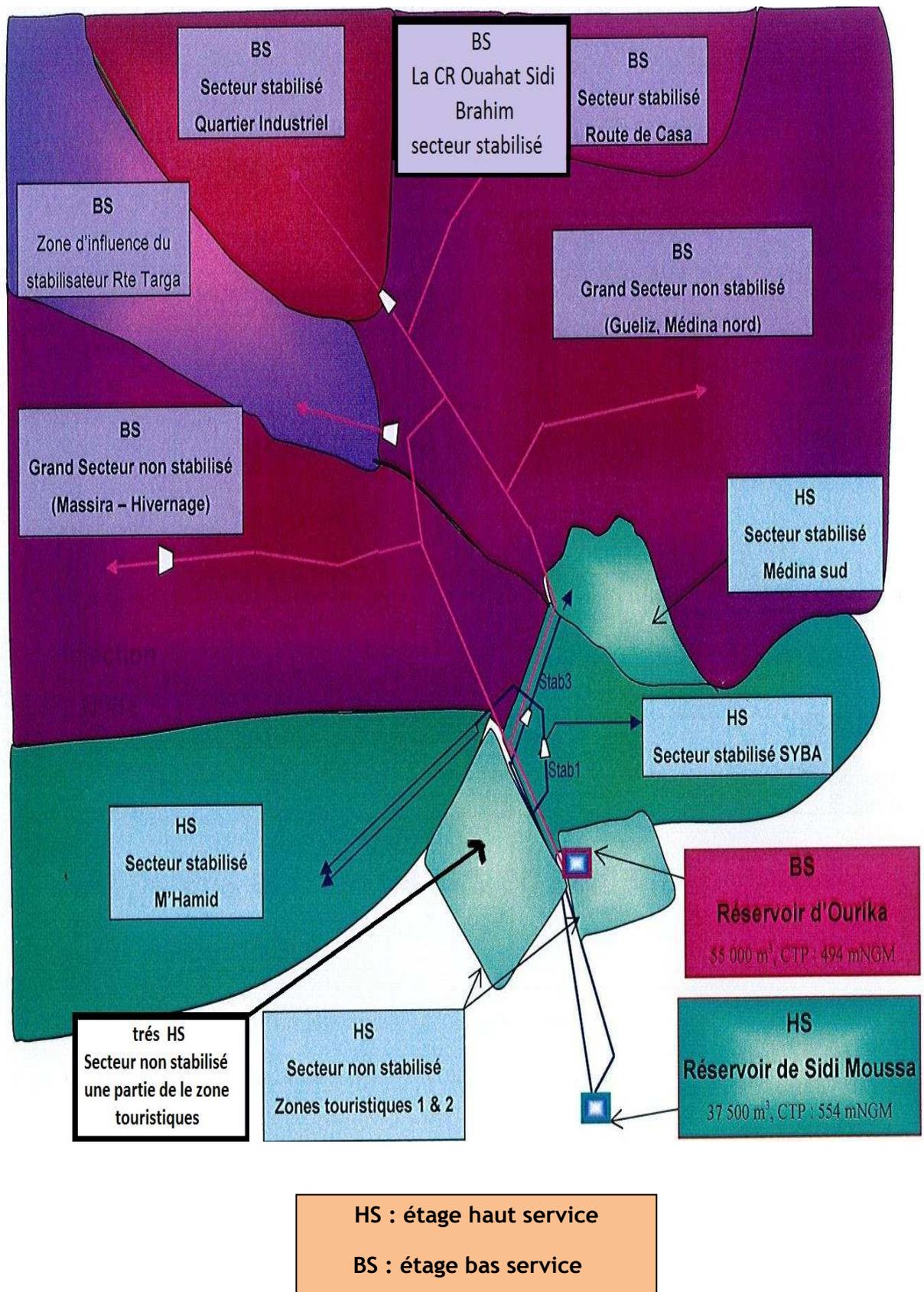


Figure 3 : Représentation des étages d'alimentation en eau potable de Marrakech (RADEEMA, 2010)



**CHAPITRE 2**



**Problématique et présentation de l'aire d'étude**

## 1. Préambule :

La commune rurale Ouahat Sidi Brahim est située au nord de la ville de Marrakech de part et d'autre de la route nationale numéro 9 a connu une extension qui continue de s'étendre avec les projets touristiques et le grand projet de CHAABI «Les portes de Marrakech », ce qui a conduit à l'augmentation de la demande en eau, en électricité et en infrastructure de base.

Par conséquent, la RADEEMA a actualisé ses plans directeurs des 3 réseaux :

- Eau potable
- Assainissement
- Electricité

Quant au volet AEP, le réseau d'alimentation en eau potable de Ouahat Sidi Brahim fait partie de l'étage Bas Service stabilisé sous l'effet d'un stabilisateur codé par STAB 7 et caractérisé par :

- Un diamètre nominal égal à 250 mm
- Une perte de consigne d'environ 4 bars
- Une charge de consigne de 453 NGM

Placé sur la conduite DN 300 mm AC qui approvisionne cette zone à partir du réservoir route Ourika, ce réservoir est caractérisé par :

- Une capacité de 55 000 m<sup>3</sup>
- Une côte TN de 492,45 NGM
- Une côte radier de 490,06 NGM
- Une côte trop plein de 494,92 NGM

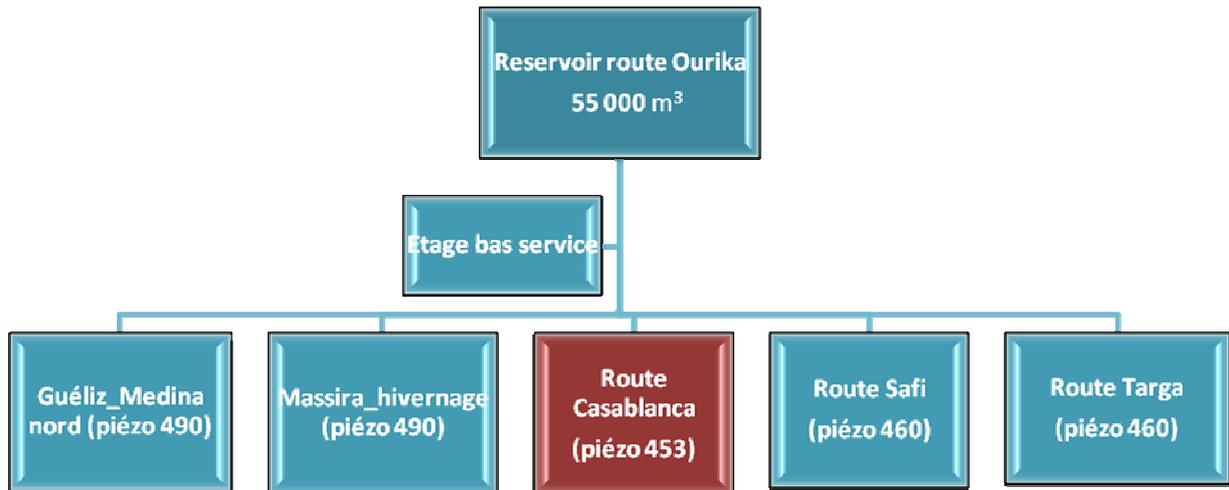


Figure 4 : Organigramme représentant la source d'alimentation de l'étage de bas service (source : données RADEEMA)

Avec le développement démographique actuel, la conduite DN300 mm AC qui fait départ du stabilisateur 7 ne parviendra plus à satisfaire les besoins de la commune (figure 5). Afin de suivre cette dynamique du développement, et dans le plan directeur de la régie concernant l'AEP de la ville de Marrakech, plusieurs mesures ont été signalées dont la plus importante est de renforcer les ouvrages en amont avant même le STAB 7. Dans ce cadre trois variantes ont été établies et étudiées :

- ❖ la variante 1 se base sur le réseau actuel de distribution, en opérant les renforcements et extensions nécessaires pour desservir la ville. Elle consiste à la réalisation des travaux de réhabilitation, renforcement, renouvellement, amélioration de rendement (sectorisation, comptage, ...), et finalement le renforcement du réservoir Bas service sur le même site et la pose des feeders qui l'alimentent.
- ❖ La variante 2 se base sur le réseau de distribution de la variante 1, et vise l'optimisation de la répartition de la pression et de la sécurité de la distribution dans l'étage bas service qui représente 70% des besoins de la ville.
- ❖ Le réseau de distribution retenu pour la variante 3 se base sur celui de la variante 1, il tient compte aussi des optimisations apportées par la variante 2 et intègre la possibilité de création d'un nouvel étage intermédiaire entre le haut service et le bas service.

## **2. Situation géographique de la Commune Ouahat Sidi Brahim :**

La commune de l'Ouahat Sidi Brahim (SB) est située à 2 km environ au Nord de la ville de Marrakech sur la rive droite de l'Oued Tensift. Elle est traversée du Nord vers le Sud par la route nationale n° 9 reliant Casablanca et Marrakech (Figure 6).

Les coordonnées Lambert et l'altitude approximative de cette commune se présentent comme suit :

- X (m) : entre 249785 et 263610 m
- Y(m) : entre 124173 et 133147 m
- Z (m, NGM) : comprises entre 389 et 554 NGM

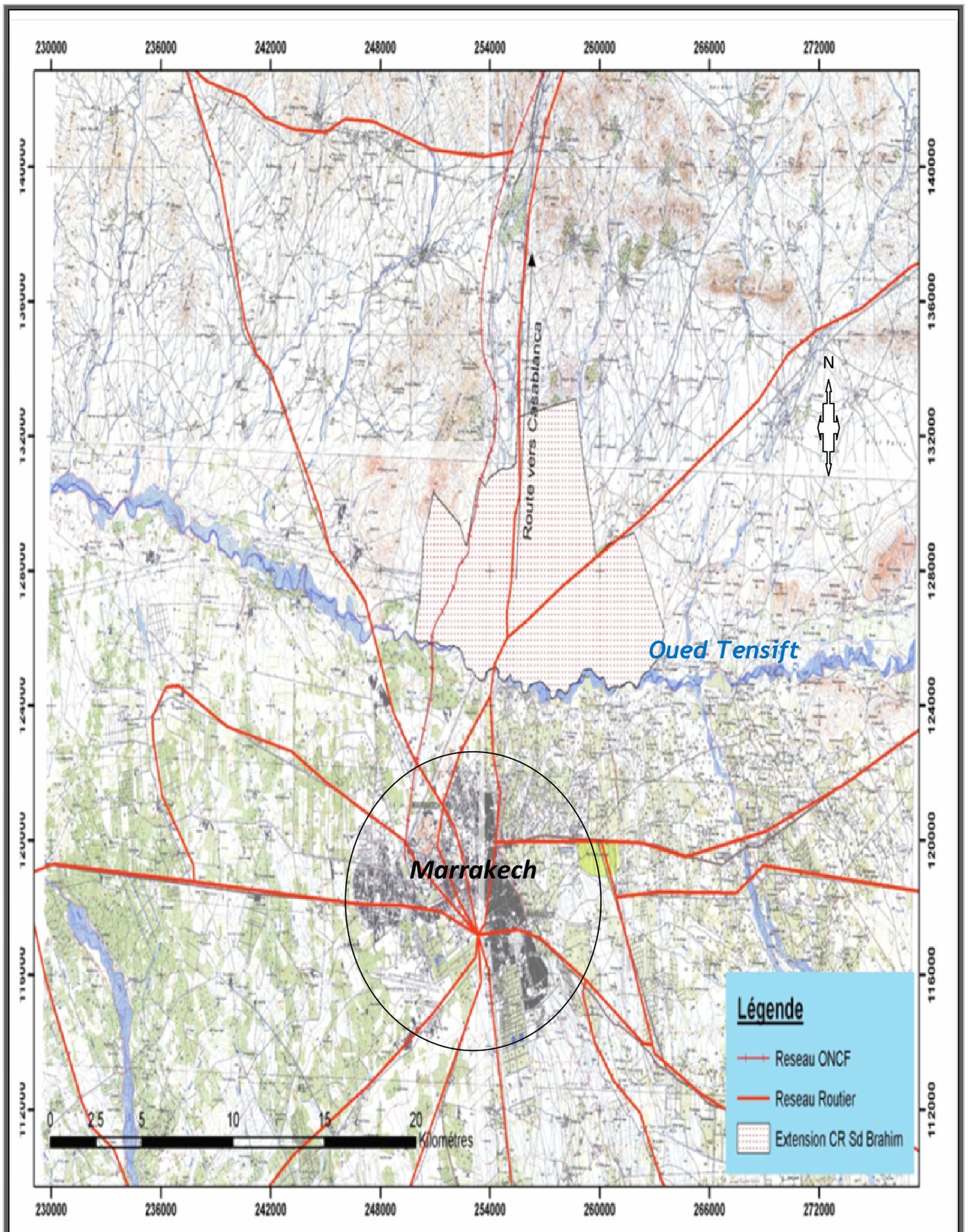


Figure 6 : Délimitation géographique de la CR Ouahat Sidi Brahim  
 (Extrait de la carte topographique 1/100000 de Marrakech)

### 3. Démographie de la région étudiée :

La population de la commune Ouahat Sidi Brahim a atteint 12434 habitants en 2004, ce qui représente 4 % de la population totale de Marrakech 31 02652 habitants à la même date (Tableau 3).

Désignation	1994	2004	2011	2020	2025	2030
Population	7646	12434	22250	35862	43571	51385
Nombre de ménages	1529	2487	4450	7173	8714	10277
Taille moyenne des ménages	5	4,99	5	4,99	5	5
Taux d'accroissement (%)	4,98	8,66	5,44	3,97	3,35	

Tableau 3: Evolution de la population de Ouahat Sidi Brahim entre 1994 et 2030 (Source : HCP l'enquête de 1994 et 2004, données RADEEMA)

Le taux d'accroissement appliqué pour SB a connu une tendance croissante de 4,98 % entre 1994 et 2004 à 8,66 % entre 2004 et 2011 ; et maintenant, il continue à diminuer jusqu'à 3,35 % selon les prévisions de l'horizon 2030.

Cela peut être dû à une baisse du taux de naissance (et /ou) à une augmentation du taux de mortalité.

Même si on remarque une baisse du taux d'accroissement. La population de Ouahat Sidi Brahim reste en évolution continue (Figure 7)

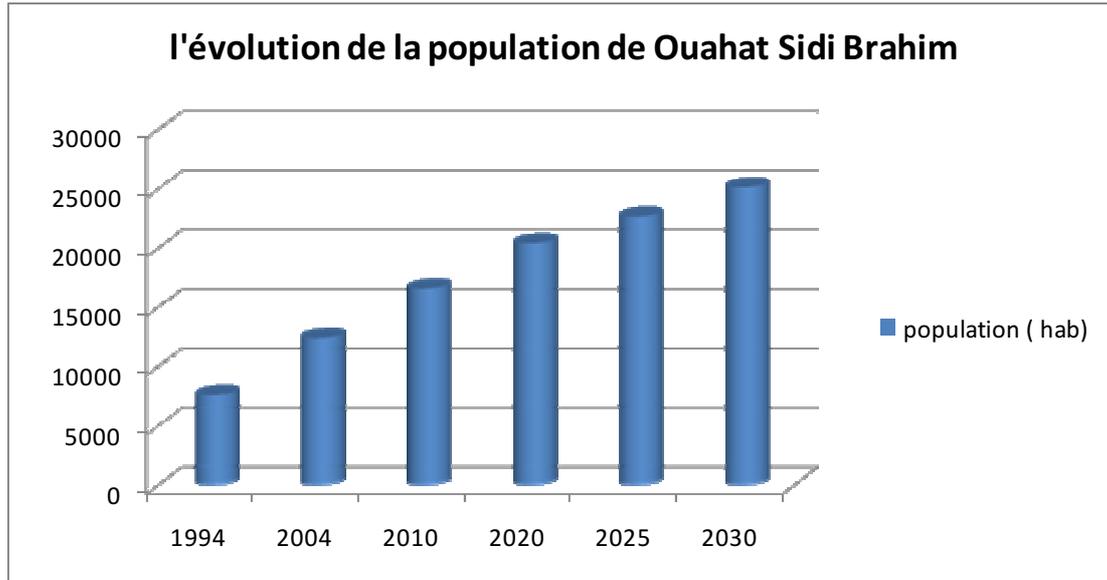


Figure 7 : Diagramme représentant l'évolution de la population de Ouahat Sidi Brahim entre 1994 et 2030 (Source : données RADEEMA)

Le tableau 3 ci-dessus est issu par les formules suivantes :

- ✓ La population à desservir de l'année n ( $P_n$ ), (GASMI houssin, 2010) est donnée par :

$$P_n \text{ (hab.)} = P_0 \cdot (1+a)^{n-n_0}$$

Avec :  $P_0$  : la population de l'année actuelle  $n_0$  (hab.)  
 $a$  : le taux d'accroissement démographique prévisible (%)

- ✓ Le taux d'accroissement (GASMI houssin, 2010) est donné selon la formule suivante :

$$TA \text{ (\%)} = ((Pop_f / Pop_i)^{1/n} - 1) * 100$$

Avec :  $Pop_f$  : la population de l'horizon d'étude n (hab.)  
 $Pop_i$  : la population initiale existante (hab.)

#### 4. Activités économiques de la Commune Ouahat Sidi Brahim :

Actuellement de nombreux projets sont en stade avancé de réalisation dans cette commune dont l'activité principale est le tourisme ; alors que l'activité industrielle s'est arrêtée depuis 2005.

##### 4.1- Projets résidentiels :

Les principaux projets résidentiels voir touristiques réalisés dans la zone d'étude sont représentés dans le tableau 4 ci-dessous :

<i><b>NOM DU PROJET</b></i>	<b>CATEGORIE</b>	<b>SUPR. (ha)</b>
<i><b>CHAABI</b></i>	RES-D-TOURIST-MD	<b>100,6</b>
<i><b>TRITEL</b></i>	RES-D-TOURIST-MD	<b>200</b>
<i><b>IDOU</b></i>	ZONE-HOTELIER	<b>12,5</b>
<i><b>Lot PALMERIA</b></i>	RES-D-TOURIST-MD	<b>40,07</b>
<i><b>MIFTAH EL KHIR</b></i>	ECONOMIQUE	<b>40,07</b>

Tableau 4 : Représentation des projets résidentiels de la commune SB (Source : données RADDEMA)

Parmi les grands projets qui sont en cours de réalisation dans la zone projetée sont CHAABI et TRITEL avec une superficie respectivement de 100,6(ha) et 200 (ha) ce qui signifie la domination de projets résidentiels et touristiques par excellence et une demande en eau importante (Tableau 4).

#### 4.2- Activités touristiques :

Les principaux projets touristiques existants dans la zone d'étude sont mentionnés au niveau du tableau 5.

<b><i>NOM DU PROJET</i></b>	<b>CATEGORIE</b>	<b>SUPR. (ha)</b>
<b><i>CHEZ ALI</i></b>	ZONE-HOTELIER	<b>2,27</b>
<b><i>KENZI</i></b>	ZONE-HOTELIER	<b>12,39</b>
<b><i>SANGHO</i></b>	ZONE-HOTELIER	<b>9,18</b>
<b><i>RIVER PALM</i></b>	ZONE-HOTELIER	<b>104,17</b>
<b><i>VALTOURS</i></b>	ZONE-HOTELIER	<b>0,57</b>

Tableau 5 : Représentation des projets touristiques de la commune SB  
(Source : données RADEEMA)

Le tableau ci-dessus illustre les principaux projets touristiques existants dans la zone d'étude, dont le plus connu est RIVER PALM qui s'étend sur une superficie de 104.175 (ha).

#### 4.3- Autres activités :

NOM D'ACTIVITE	CATEGORIE	SUPR. (ha)
STADE	EQUIPEMENT	99

Tableau 6: L'équipement existant au niveau de la commune SB (Source : données RADDEMA)

En ce qui concerne les autres activités ; ils sont préoccupés par le stade avec une superficie de l'ordre de 99 (ha), et qui demande un besoin non négligeable pour son irrigation.

#### 5. Schéma de l'occupation du sol de Ouahat Sidi Brahim :

Ce schéma représente la répartition spatiale des projets existants et projetés de la commune (Figure 8), cette représentation est nécessaire pour les calculs de dimensionnement du réseau de distribution, parce qu'elle facilite la détermination des besoins selon le type du projet (résidentiel, touristique et équipement).

Parfois pour les petits projets d'AEP des douars, ce schéma n'est pas nécessaire parce qu'on peut distribuer les besoins selon une répartition linéaire, c'est-à-dire qu'on considère que le douar est homogène et que les besoins sont les même au niveau de tous les branchements.

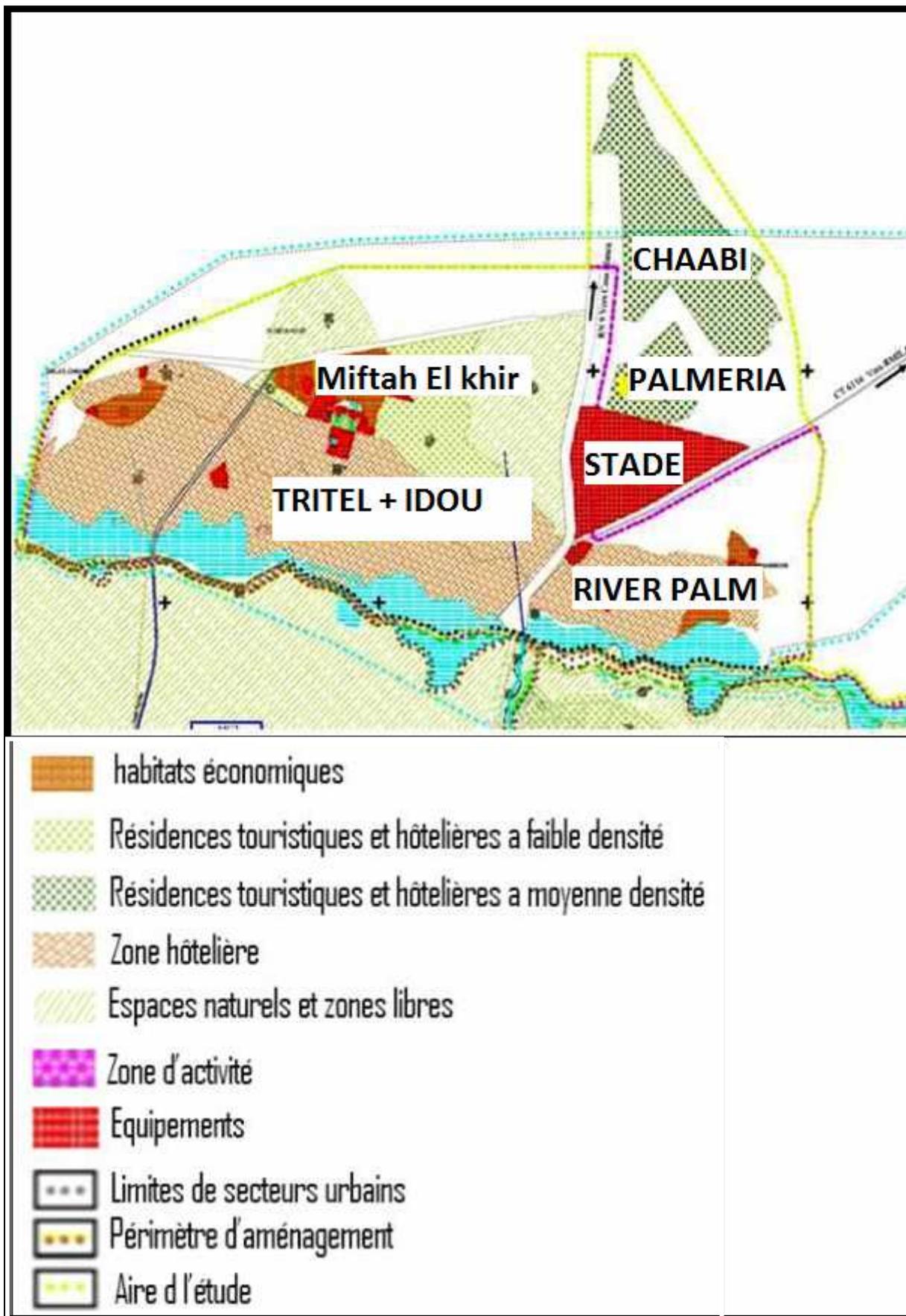


Figure 8 : occupation du sol de Ouahat Sidi Brahim (Source : RADEEMA, 2008)



**CHAPITRE 3**



**Conception du réseau d'AEP et logiciels de modélisation**

## **1. Critères de conception du réseau de distribution**

### **1.1- Horizon de calcul**

La saturation du plan d'aménagement de la commune interviendrait au-delà de l'horizon du plan directeur (2030). Ainsi, les ouvrages seront dimensionnés pour l'horizon 2030, toutefois, leurs conditions de fonctionnement sont vérifiées pour les horizons intermédiaires.

Dans le cas où le fonctionnement de ces ouvrages se réduit pendant les horizons intermédiaires, il est nécessaire de les redimensionner ou bien de les renforcer.

### **1.2- Réservoirs**

Le réservoir autrement dit les besoins en stockages est dimensionné de telle sorte à assurer une autonomie de 24 heures à l'horizon du projet, il doit intégrer la réserve d'incendie.

Il existe différents types de réservoir, en fonction des conditions topographique :

- Réservoirs enterrés
- Réservoirs semi-enterrés
- Réservoirs au sol
- Réservoirs surélevés

Dans le contexte de Marrakech, la combinaison des réservoirs enterrés et surélevés est la plus adaptée

### **1.3- Réseau projeté**

#### **a. Débit de dimensionnement:**

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 (GASMI houssin, 2010) :

- Coefficient de pointe journalière : 1,3
- Coefficient de pointe horaire : 1,7

$$\text{Débit de pointe (l/s)} = \text{la population (hab.)} \times \text{Dotation (l/hab./j)} \times Kp / (\text{Rd} \times 86400)$$

Avec (voir chapitre 3, paragraphe 1) :

Kp : coefficient de pointe

Rd : rendement de distribution

Dotation : quantité d'eau en litre distribuée pour chaque habitant par jours

#### b. Vitesses limites :

La vitesse est un critère très sensible influencé par le diamètre et le débit, la maximale doit être de l'ordre 2,5 m/s pour protéger les conduites contre l'altération et la fissuration, alors que la minimale est de l'ordre de 0,5 m/s pour ne pas avoir des dépôts.

#### c. Pression au sol :

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

☞ **Pression minimale** : requise varie en fonction de l'élévation des constructions dominées, comme suit :

Les niveaux d'habitat	Pression	
	en (m)	En (bars)
Moins de 4	20	2
4	24	2,4
5	28	2,8

Tableau 7 : Représentation des pressions selon les étages d'habitats (donnée RADEEMA)

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

**d. Nature et diamètre des conduites :**

e.

Le choix de la nature des conduites projetées a porté sur le PVC, les diamètres commercialisés au Maroc varient de 20 mm à 600 mm. Pour les besoins d'exploitation et s'agissant de l'ossature de réseau, le diamètre minimal adapté est 160mm (Tableau 8).

Pour des diamètres supérieurs à 600 mm, des conduites en béton précontraint ou PRV peuvent être adaptées. Au niveau des traversées des obstacles, il faudra prévoir des matériaux adaptés avec les protections nécessaires :

- Mise en place de dallettes de protection de la conduite sous la voirie principale.
- Enrobage des conduites mitoyennes au réseau d'assainissement.
- Conduites en fonte ductile sur les traversées des Oueds.
- Enrobage des conduites traversant les chaàba.

Type de conduite	Avantages	Inconvénients	Pression maximale de service en (bars)
PVC	<ul style="list-style-type: none"><li>• Matériau hydrauliquement lisse avec des faibles pertes de charge</li><li>• Léger</li><li>• Résistant</li><li>• Isolant thermiquement</li><li>• Coût moins cher</li><li>• Résistance à la corrosion</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nécessité d'un lit de pose soigné</li><li>• Pièces spéciales très chères</li><li>• Difficiles à retrouver les conduites enterrées par les méthodes classiques</li></ul>	6 - 10 - 16 et 25 bars
Polyéthylène	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conduites souples</li><li>• Moins chères</li><li>• Résistance à la corrosion</li><li>• Longueur élémentaire plus importante (100 m), donc moins de pièces spéciales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Résistance très faible</li><li>• Lit de pose soigné</li><li>• Disponible pour les petits diamètres</li></ul>	6 - 10 et 16 bars
Amiante ciment	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disponibilité de tous les diamètres et d'une large gamme de pression de service,</li><li>• Pose bien maîtrisée par les agents de la régie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Réserves quant à son utilisation du fait de l'existence de risque sanitaire lors de la fabrication</li></ul>	Classe 10, 15, 20, 25, 30 et 40 Classe = 2 x PMS
Béton précontraint	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avantages du béton précontraint</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Très lourd, coût élevé de transport</li><li>• Diamètres disponibles supérieurs à 300mm</li><li>• Difficultés de réalisation des travaux de raccordement et de branchement en réseau</li><li>• Risque de corrosion en terrain sensible</li></ul>	Jusqu'à 15 bars

<b>Fonte ductile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponible pour tout diamètre</li> <li>• Facile à travailler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très faible résistance à la corrosion</li> <li>• Coût relativement cher, quoique sur dans certains cas nous avons enregistré des prix très compétitifs</li> </ul>	Jusqu'à 40 bars
----------------------	--	--	-----------------

Tableau 8 : Les caractéristiques des différents types de conduites, avantages et inconvénients  
(Source : RADEEMA, 2008)

**f. Calcul du réseau :**

Le paramètre important à calculer est la perte de charge, il influence un tas de critères (le diamètre à employer, le débit des équipements et aussi les demandes des nœuds) ; il est calculé selon les formules de Darcy et de Colebrook (GASMI houssin, 2010).

Formule de Darcy :

$$j \text{ (m/m)} = \frac{\lambda V^2}{2 gD}$$

Formule de Colebrook :

$$1/\sqrt{\lambda} = -2\log[K/3.71/ D_{int} + 2.51.\mu/(V. D_{int} .\sqrt{\lambda})]$$

Où :

- j = Pertes de charge linéaires (m/m)
- λ = Coefficient de perte de charge (sans unité)
- 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>)
- μ = Viscosité cinématique (μ = 1,32 10<sup>-6</sup> 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** et **EPANET**.

#### g. 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, équipements administratifs et secteurs d'activités).

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.

Pour les équipements administratifs et les secteurs d'activités, les surfaces obtenues sont affectées des dotations spécifiques à l'hectare.

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.

#### 1.4- Les 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 **EPANET** afin de le simuler.

### a. Présentation du logiciel EPANET

([http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet\\_fr.pdf](http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet_fr.pdf))

#### ☞ Définition :

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de 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.

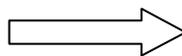
EPANET a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. Et il contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques 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.

#### ☞ Formule prises en charge :

Formule de Darcy-Wiesbach ([http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet\\_fr.pdf](http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet_fr.pdf)): :

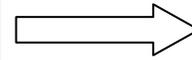
$$j = \frac{\lambda V^2}{2 gD}$$



**Calculer les pertes de charge**

Formule de Colebrook ([http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet\\_fr.pdf](http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet_fr.pdf)):

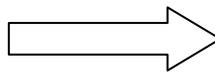
$$1/\sqrt{\lambda} = -2\log[K/3.71/D_{int} + 2.51\mu/(V \cdot D_{int} \cdot \sqrt{\lambda})]$$



Déterminer le facteur de friction

Formule de Hazen-Williams ([http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet\\_fr.pdf](http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet_fr.pdf)):

$$V = 1,318 C * R^{0,63} * S^{0,54}$$



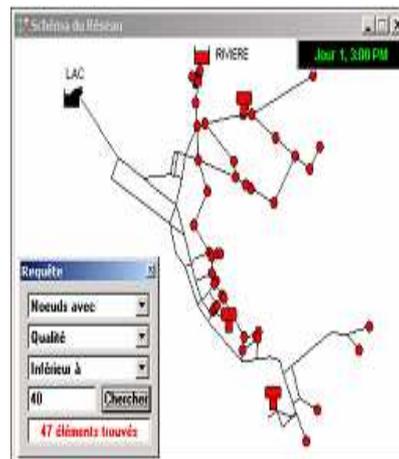
Déterminer la vitesse au tuyau

☞ **Données :**

Données d'entrée

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

NOEUDS



Données de sortie

Charge hydraulique  
Pression  
Qualité de l'eau

Figure 9 : Différentes données des nœuds

Les données sont entrées au niveau de la boîte de dialogue suivante. Les calculs se font automatiquement une fois on simule

le réseau  (bouton de simulation)

Propriété	Valeur
*ID Noeud	2
Coordonnée X	1184,28
Coordonnée Y	7908,28
Description	
Genre	
*Altitude	210
Demande de Base	0
Courbe Modul. Demande	
Catégories de Demande	1
Coeff. de l'Émetteur	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	

Figure 10 : Boîte de dialogue des noeuds

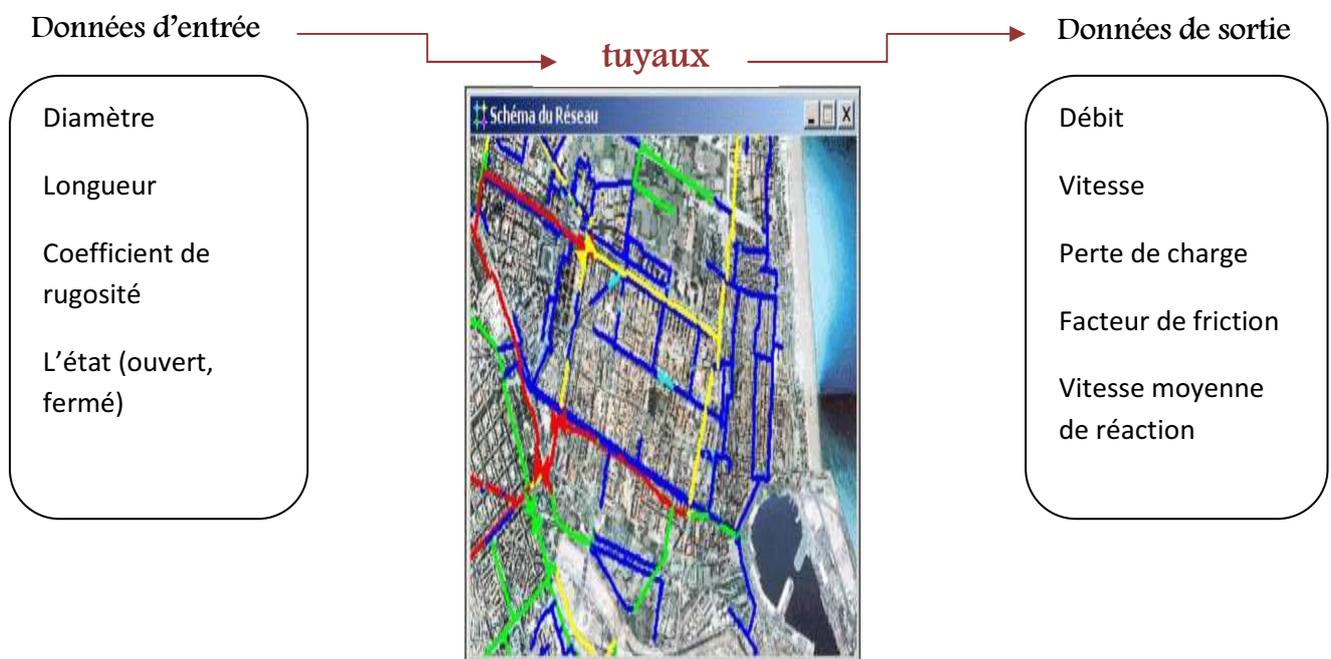


Figure 11 : Différentes données des tuyaux

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). (Voir la fiche technique de l'annexe 1)

#### **b. Définition 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 (source: 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**

**Projet d'alimentation en eau potable de la commune Ouahat Sidi Brahim**

## **1. Les besoins en eau de la zone projetée**

### **1.1- Besoins de la population en eau :**

Pour calculer les besoins en eau d'une population, on doit disposer d'un nombre de données :

- Recensement du haut commissariat au plan (HCP)
- Fichier des abonnées à la RADEEMA
- Dotation déterminée selon le plan directeur de la RADEEMA
- Fichier du rendement du réseau d'adduction et de distribution

On remarque que le besoin en eau selon la pointe journalière de la population de Ouahat Sidi Brahim a été de l'ordre de 12 l/s en 2004 et après sept ans il a augmenté dix huit fois plus est devenu de l'ordre de 221 l/s (Tableau 9), ce qui explique la brute extension de la commune.

CARACTERISTIQUES		STATISTIQUE	PREVISIONS				
Année		2004	2007	2008	2009	2010	2011
Population		12 434	16 309	17 788	19 271	20 759	22 250
Taux de Branchement (%)		39	74	77	80	82	85
Population Branchée		4 849	12 069	13 697	15 417	17 022	18 913
Population non Branchée		7 585	4 240	4 091	3 854	3 737	3 337
Dotations (l/hab. /j)	Pop B	72,4	30,9	42,3	53,7	65,1	76,5
	Pop NB	3,2	7,1	9,2	11,4	13,5	15,7
Consommation (m <sup>3</sup> /j)	Pop B	350	375	580	824	1 112	1 446
	Pop NB	24	30	38	45	50	53
Rendement (%)	Distribution	68,4	68	70	72	75	76,9
	Adduction	96	95	95	95	95	96
Besoins à la distribution (m <sup>3</sup> /j)	Moyenne annuelle	828	3 296	5 829	8 610	11 473	14 692
	Pointe saisonnière	1 077	4 284	7 577	11 193	14 915	19 100
Besoins à la distribution (l /s)	Moyenne annuelle	10	38	67	100	133	170
	Pointe saisonnière	12	50	88	130	173	221
	CPJ	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	CPH	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7

Tableau 9 : Besoins de la population de Ouahat Sidi Brahim (source : données RADEEMA)

En 2004, les besoins de pointes en eau de la commune étaient de l'ordre de 12 l/s, ce faible débit, pour une population de 12 434 hab, s'explique par le nombre limité des abonnés de la Commune à la RADEEMA (Figure 12).

L'extension du périmètre d'interaction de la RADEEMA pour couvrir toute la commune, a engendré l'augmentation des besoins et aussi du débit desservi pour satisfaire la demande en eau

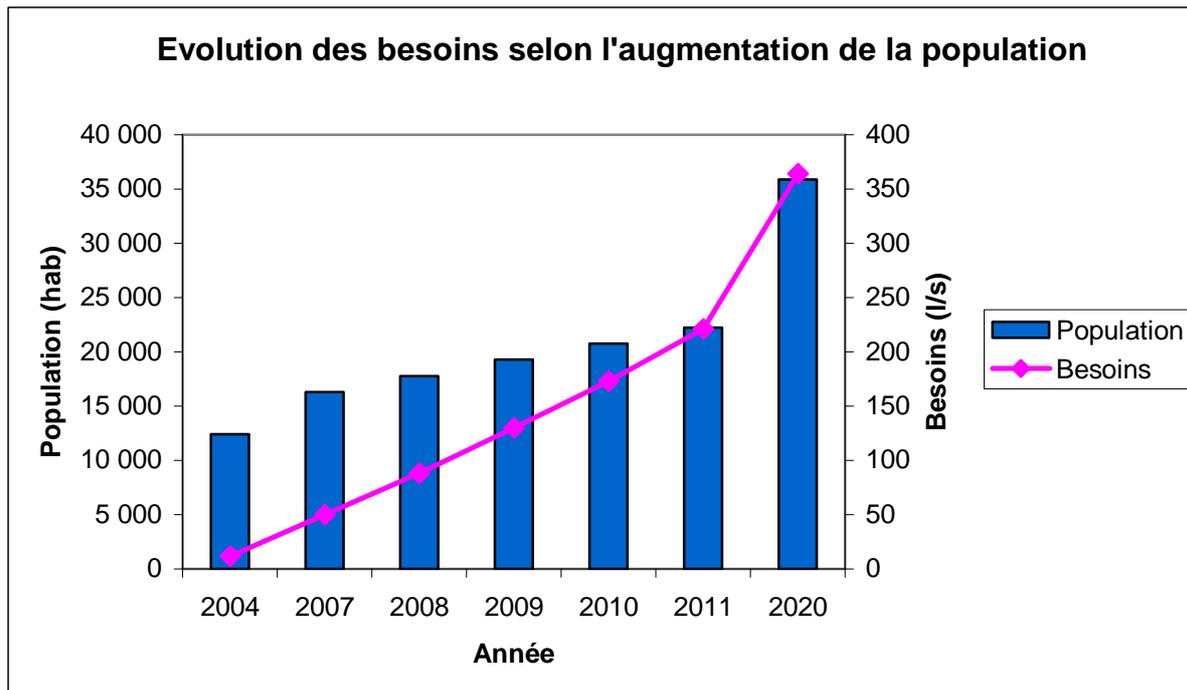


Figure 12 : Graphique montrant l'augmentation des besoins avec la population (source : données RADEEMA)

Les formules utilisées pour calculer des besoins sont :

- ✓ La dotation est une valeur déterminée par la régie exprimant la quantité d'eau distribuée à chaque habitant par jour. Les critères de cette détermination sont :

- Typologie d'habitat

Typologie d'habitat	Dotation
Habitat économique	50
Médina	85
Villas	100-120
Immeubles	75
Précaire/Rural	35

Tableau 10 : Dotation selon typologie (RADEEMA, 2010)

- Type de la zone à desservir : urbaine ou rurale
- Type de population : branchée ou non branchée

✓ La consommation totale ( $C_t$ ) est la somme de la consommation des deux populations (branchée et non branchée), (GASMI houssin, 2010) :

$$C_t (m^3/j) = C_{PB} + C_{PNB}$$

- La consommation de la population branchée ( $C_{PB}$ ), (GASMI houssin, 2010) est :

$$C_{PB} (m^3/j) = P \cdot D_B \cdot T_B / 1000$$

Avec :

$D_B$  : dotation de la population branchée (l/hab. /j)

$T_B$  : taux de branchement (%)

- La consommation de la population non branchée ( $C_{PNB}$ ), (GASMI houssin, 2010) est :

$$C_{PNB} (m^3/j) = P. D_{NB}. (1-T_B)/1000$$

Avec:

$D_{NB}$ : dotation de la population non branchée (l/hab. /j)

- Le besoins à la distribution :

Besoin moyen à la distribution ( $B_{md}$ ), (GASMI houssin, 2010) :

$$B_{md} (l/s) = C_t / (3,6.24.R_r)$$

Avec :

$R_r$  : le rendement du réseau (%)

$C_t$ : la consommation totale ( $m^3 /j$ )

Besoins de pointe à la distribution ( $B_{pd}$ ), (GASMI houssin, 2010) :

$$B_{pd} (l/s) = K_p. B_{md}$$

Avec:

$K_p$ : coefficient de Pointe

## 1.2- Besoins de l'activité administrative en eau :

En raison de l'augmentation de la commune et aussi des grands projets réalisés et projetés, le nombre des administrations a augmenté pour satisfaire les besoins administratifs des citoyens (Tableau 11).

caractéristique		Statistiques	prévisions				
Année		2004	2007	2008	2009	2010	2011
Dotations (l/hab. /j)		5,2	4,8	9,5	14,2	18,8	23,5
Consommation (m <sup>3</sup> /j)		65	78	169	273	391	523
Besoins à la distribution (m <sup>3</sup> /j)	Moyenne annuelle	95	115	241	379	521	680
	Pointe saisonnière	124	150	313	493	677	884
Besoins à la distribution (l/s)	Moyenne annuelle	1,1	1,3	3	4,4	7,8	10,2
	Pointe saisonnière	1,4	1,7	3,9	5,7	10,1	13,3

Tableau 11 : Besoins Administratifs en eau de Ouahat sidi Brahim (source : données RADEEMA)

En 2004 les administrations de Ouahat Sidi Brahim ont été de nombre limité (arrondissement, centre de gendarmerie royale....) c'est pour cette raison que le besoin était de l'ordre de 1,4 l/s en 2004 ; maintenant en 2011 le besoin a atteint 13,3 l/s selon la pointe journalière.

### 1.3- Besoins de l'activité touristique en eau :

La quasi-totalité des activités de la commune est touristique, ce qui explique l'importance de ses besoins à la distribution (235,9 l/s) par rapport à ceux de la population (221 l/s) (Tableau 12).

caractéristique		Statistiques	prévisions				
Année		2004	2007	2008	2009	2010	2011
Dotations (l/hab. /j)		10,1	107,8	185,1	262,4	339,7	417,0
Consommation (m <sup>3</sup> /j)		126	1 758	3 293	5 057	7 052	9 278
Besoins à la distribution (m <sup>3</sup> /j)	Moyenne annuelle	184,2	2 585,3	4 704,3	7 023,6	9 402,7	12 065,0
	Pointe saisonnière	239,5	3 360,9	6 115,6	9 130,7	12 223,5	15 684,5
Besoins à la distribution (l/s)	Moyenne annuelle	2,13	29,9	54,4	81,3	108,8	181,5
	Pointe saisonnière	2,7	38,8	70,7	105,7	141,4	235,9

Tableau 12 : Besoins touristiques en eau (source : données RADEEMA)

### 1.4- Besoins de l'activité industrielle en eau :

On remarque que l'activité industrielle s'est arrêtée en 2005, avec un besoin journalier de l'ordre de 0.04 en 2004 et 0.01 en 2005. Cette diminution de nombre des usines jusqu'à l'arrêt total dans la région est due à leur vente aux investisseurs pour la construction des projets touristiques.

Caractéristique		statistiques			Prévisions		
		2004	2005	2006	2007	2010	2011
Année		2004	2005	2006	2007	2010	2011
Dotations (l/hab. /j)		0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Consommation (m <sup>3</sup> /j)		2	1	-	-	-	-
Besoins à la distribution (m <sup>3</sup> /j)	Moyenne annuelle	2,9	1,5	-	-	-	-
	Pointe saisonnière	3,7	1,9	-	-	-	-
Besoins à la distribution (l/s)	Moyenne annuelle	0,03	0,01	-	-	-	-
	Pointe saisonnière	0,04	0,01	-	-	-	-

Tableau 13: Besoins en eau de l'activité industrielle de la commune (source : données RADEEMA)



**CHAPITRE 5**



**Scénarios proposés et Simulation du réseau**

## **1. Présentation :**

Dans le cadre du développement à moyen et long terme de la commune rurale Ouahat Sidi Brahim, il est obligatoire de réaliser une étude sectorielle en vue d'analyser la faisabilité technique de l'AEP.

Les objectifs assignés à cette étude sont :

- La réalisation d'une infrastructure d'eau potable pour desservir l'ensemble des projets lancés ou à lancer.
- Renforcement du réseau existant

La solution proposée par la RADEEMA est de construire un réservoir nord alimenté à partir du barrage Al Massira situé à côté de la ville de Settat, caractérisé par :

- Une côte radier de 500 NGM
- Une capacité de 50 000 m<sup>3</sup>

L'installation du réseau d'adduction sera effectuée par l'ONEP et celle du réseau de distribution par la régie. La durée de ces travaux de construction ne prendra fin qu'en 2016 ; ce qui engendra la diminution des besoins en eau de chaque zone parce que le réseau existant ne parviendra plus à satisfaire toutes les demandes en eau.

Les solutions proposées sont envisagées sous forme de deux scénarios se basant sur le renforcement du réseau existant. (Voir figure 5 et annexe 2)

## **2. Premier scénario :**

Il consiste à renforcer le réseau existant destiné à l'AEP de la commune par la construction d'un réservoir alimenté par la même source d'alimentation du réseau existant. Contribuant à satisfaire les besoins de la commune, Ce réservoir pourra être de 2 types (Figure 13) :

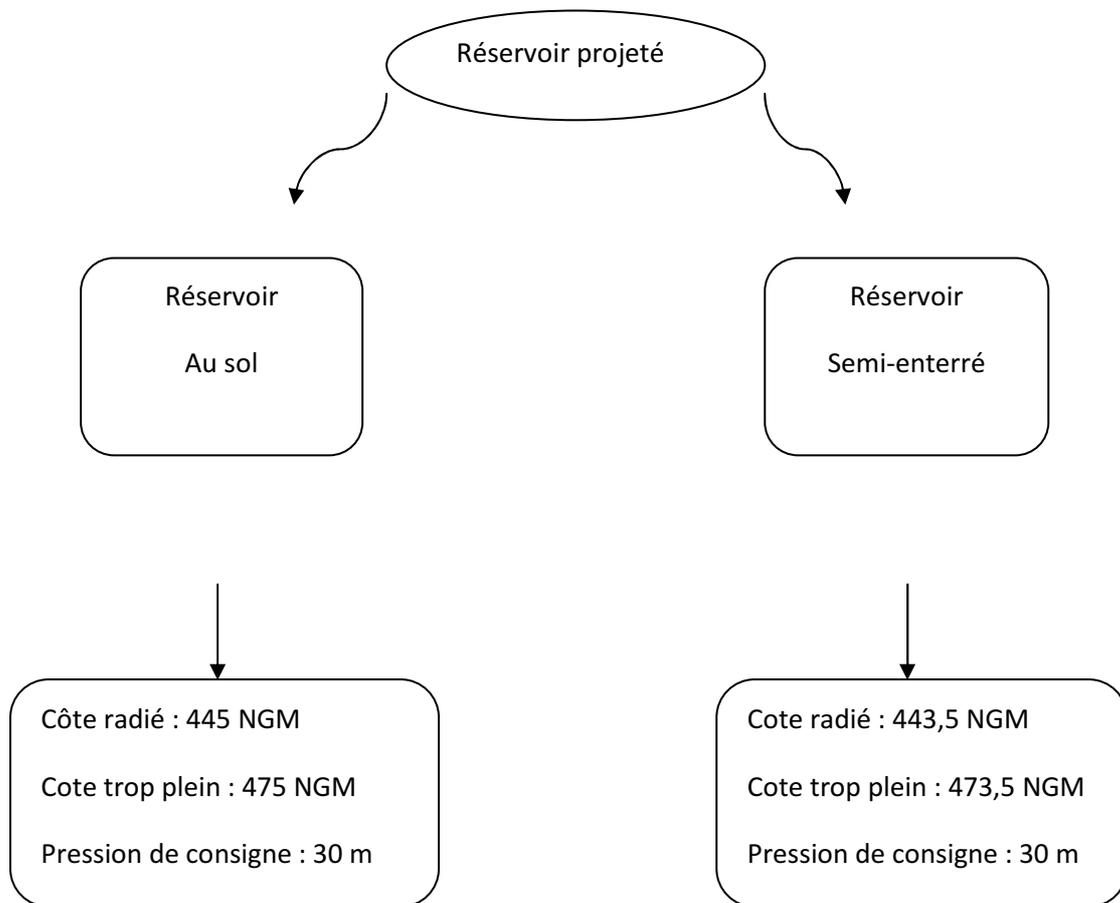


Figure 13 : Caractéristiques du réservoir projeté

Puisque les réservoirs les plus adaptés à Marrakech sont les semi-enterrés et les surélevés, alors on prendra comme type de réservoir projeté celui de semi-enterré. Ce choix repose principalement sur le respect de la répartition des pressions et de la topographie de la région.

La population de Ouahat Sidi Brahim est une «moyenne» agglomération (22 250 hab.), l'autonomie du réservoir projeté sera de 16 h ou de 12h (au lieu de 24 h). Le dimensionnement sera à l'horizon 2030 (Tableau 14), ce qui donnera une capacité de l'ordre de **19 181 m<sup>3</sup>**, cette grandeur est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Capacité (m}^3\text{)} = \text{besoin moyen à la distribution (l/s)} \times 24 \times 3,6/2$$

Les caractéristiques de l'horizon du calcul sont :

<b>L'horizon 2030</b>	
<b>Population (hab.)</b>	<b>51 385</b>
<b>Consommation totale (m<sup>3</sup>)</b>	<b>24 185</b>
<b>Besoins moyens à la distribution (l/s)</b>	<b>333</b>
<b>Besoins de pointe (l/s)</b>	<b>432</b>

Tableau 14 : Caractéristiques de l'horizon de dimensionnement

Les conduites du réseau devront être capables de faire transiter les plus forts débits instantanés, en tenant compte du débit de pointe qui est fonction de la Consommation totale en 2030. Cette consommation ( $C_T$ ) sera de l'ordre de 24185 m<sup>3</sup> avec un rendement ( $R_d$ ) de distribution de l'ordre de 84 %.

Le débit de pointe est donné par la formule suivante :

$$\text{Débit de pointe } Q_p \text{ (l/s)} = (C_T \text{ (m}^3) \times 1000 / 86400 / R_d \text{ (\%)}) * K_p$$

Donc

$$Q = 432 \text{ l/s}$$

Quant au choix de la nature des conduites projetées, on a porté sur le PVC ou bien le BP parce qu'ils sont les plus utilisés. Pour calculer le diamètre, on suppose que la vitesse est fixe:

↳ pour une vitesse égale à 1,5 m/s :

On sait que  $Q = V * S$  avec  $S = \pi \frac{D^2}{4}$  et  $Q = 432 \text{ l/s}$

Donc :  $D = \sqrt{4Q/\pi V}$   $\implies$   $D = 0,605 \text{ m}$   $\implies$   $D = 650 \text{ mm}$

Ce diamètre n'existe pas dans le commerce pour le PVC, il est sur commande ; alors que pour le béton précontraint (BP), le diamètre nominal le plus proche est le DN 700 mm.

↳ **Pour une vitesse minimale égale à 0,5 m/s :**

Le diamètre sera :  $D = 1,049 \text{ m}$   $\implies$   $1049 \text{ mm}$

Nous jugeons que ce diamètre est trop grand pour une population de 22 250 hab. ce qui provoquera le vidange du réservoir projeté en 6 h au lieu de 16 h selon l'horizon 20 30, en plus du coût élevé de l'investissement.

↳ **Pour une vitesse maximale de 2,5 m/s :**

$D = 0,469 \text{ m}$   $\implies$   $469 \text{ mm}$

Le diamètre nominal le plus proche de cette valeur est le DN 500 mm BP, et pour le PVC puisqu'on travaille avec une pressions nominale de 16 m le diamètre le plus proche de 469 mm est le DN 600 mm.

On peut donc installer soit le DN 600 mm PVC soit le DN 500 mm BP, ce choix est dicté par la capacité du réservoir et les besoins à la distribution.

En ce qui concerne la réhabilitation, cette zone est nouvellement alimentée par la RADEEMA par conséquent, ses conduites d'AEP n'ont pas besoin de renouvellement. (Annexe 3).

### **3. Deuxième scénario :**

Ce scénario consiste à renforcer le réseau de distribution par la création d'une ceinture de conduites autour de la commune pour établir une répartition des pressions et sécuriser l'approvisionnement du réseau d'AEP.

Ce maillage prend départ d'un nœud ayant une pression dépassant 30 m vers un nœud de pression inférieur à 16 m.

Quant au diamètre de cette ceinture, on lui attribue -au niveau du point de départ- celui de la conduite à laquelle elle se raccorde sachant qu'il change en allant vers le nœud à équilibrer pour prendre le sien (Annexe 4).

Ou bien on crée une ceinture traversant Oued Tensift par un diamètre de 800mm BP et diminuant de 500 à 315 mm et sur la route nationale, il prendra le diamètre 600 mm BP.

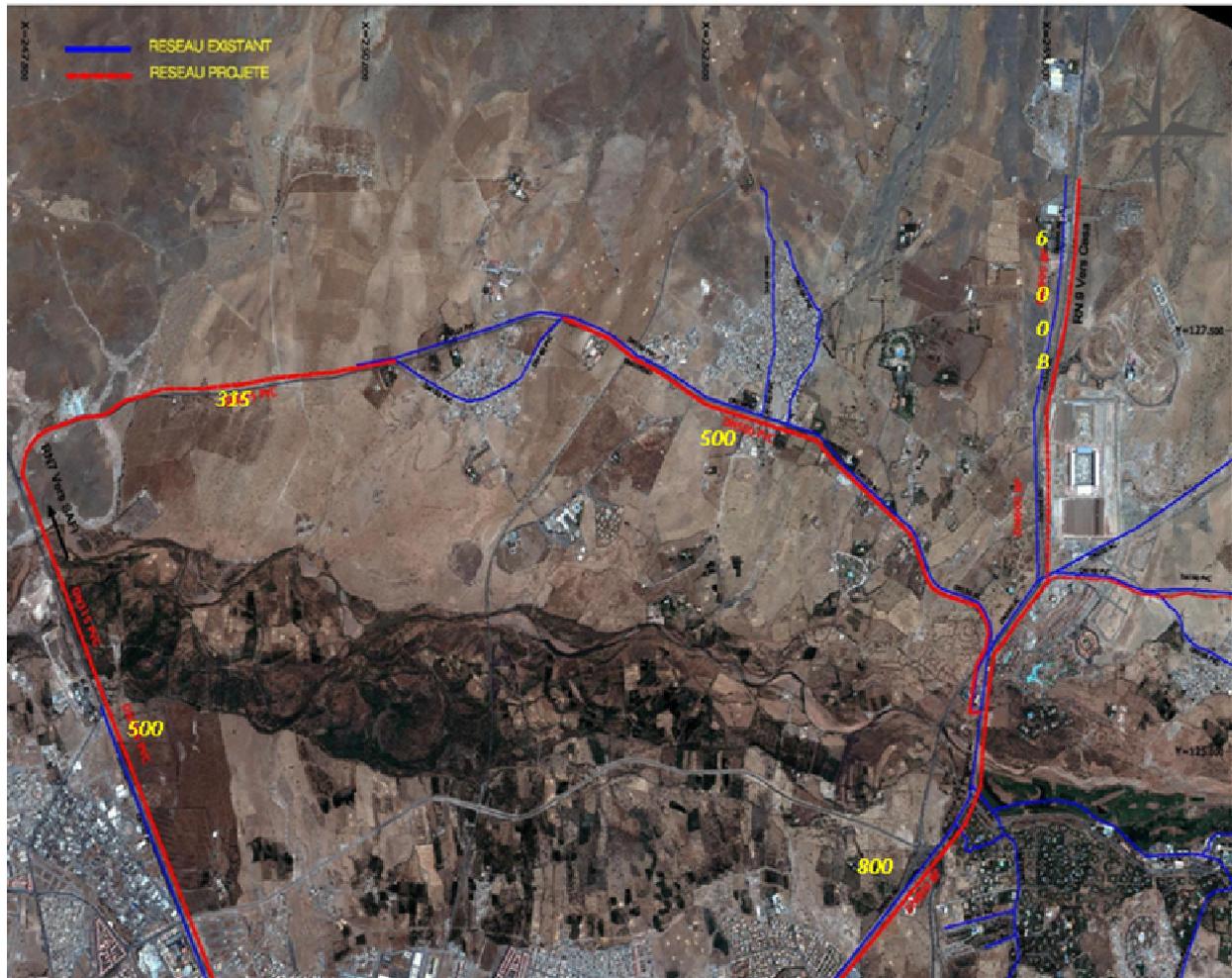


Figure 14 : Extension à réaliser pour le renforcement du réseau d'AEP

#### 4. Troisième scénario :

Il consiste au renforcement d'une partie du réseau d'AEP ayant une basse pression par la construction d'un réservoir surélevé.

Ce réservoir aura les caractéristiques du nœud le plus proche de la zone influencée. On prend le nœud caractérisé par (altitude: 407 NGM, pression : 20 bars, besoins : 10 l/s). Les côtes du réservoir seront:

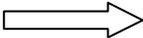
- Côte terrain : 407 NGM
- Côte radier : 437 NGM
- Côte trop plein : 457 NGM
- Capacité : 461 m<sup>3</sup>

Quant au conduite de distribution de ce réservoir surélevé, le type le plus convenable à installer est le PVC, car il est facile à manipuler et présente des caractéristique hydraulique préférable (voir tableau 8). Pour le calcul du diamètre on suppose que la vitesse est fixe.

⑤ **pour une vitesse égale à 1,5 m/s :**

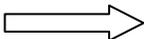
Le débit de pointe sera égal à la demande de base du nœud où le réservoir s'est construit :

$$Q = 10 \text{ l/s}$$

Le diamètre sera :  $D = 0,092 \text{ m}$   92 mm

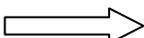
Pour une pression nominale de 16 m, ce diamètre interne de 92 mm vaut un diamètre nominal de 110 PVC.

⑤ **Pour une vitesse minimale égale à 0,5 m/s :**

$D = 0,159 \text{ m}$   159 mm

Le diamètre interne le plus proche de cette valeur pour une PN 16 m est 176,2 correspondant à un DN de 200 mm.

⑤ **Pour une vitesse maximale de 2,5 m/s :**

$D = 0,0713 \text{ m}$   71,3 mm

Le diamètre nominal du PVC à PN 16 m sera de l'ordre de 90 mm.

Nous proposons ce réservoir pour équilibrer la répartition des pressions et non pas pour stocker les besoins en eau, ce qui explique notre choix d'un DN 200 PVC, en minimisant la perte de charge et attribuant une pression moyenne de l'ordre de 30 m (Annexe 5)

## **Conclusion :**

Ce travail portant sur l'alimentation en eau potable de la commune rurale de Ouahat Sidi Brahim 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.

Les calculs de réseau effectués nous ont permis de proposer 3 scénarios d'AEP de Ouahat Sidi Brahim : scénarios conditionnés principalement par le coût d'investissement.

**Scénario 1** : construction d'un réservoir semi-enterré alimenté à partir du réservoir route Ourika. Cette solution présente l'inconvénient de baisse de pression au niveau des nœuds du réseau pendant les heures de pointes.

**Scénario 2** : création d'une ceinture de conduites autour de la CR, qui aura pour objectif de sécuriser l'approvisionnement du réseau de distribution. L'inconvénient de cette solution est l'ajout de surpresseurs en tout point du réseau et assurer leurs réglage.

**Scénario 3** : la construction d'un réservoir surélevé (461 m<sup>3</sup>) d'environ 30 m, alimenté par le réservoir de route Ourika. L'avantage principal de cette solution est qu'elle permet de contrôler la zone influencée (zone de basse pression).

Le scénario 3 nécessite l'investissement le plus faible, par conséquent, nous proposons cette solution pour résoudre le problème d'AEP de Ouahat Sidi Brahim.

# Annexes

# Annexe 1 : Fiche technique d'Epanet

## 1. Introduction

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et de la qualité de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression (Rossman, 2000).

Il permet donc en particulier de simuler, sur une longue durée (une journée dans notre cas) le fonctionnement hydraulique d'un réseau d'eau potable, de manière globalement similaire au logiciel Watercad.

## 2. Elaborer un projet

### Etape 1: Ouvrir et enregistrer un projet

Les Fichiers Projet contiennent toute l'information nécessaire pour décrire un réseau (le plus souvent extension .NET). Si vous désirez créer un nouveau projet:

1. Sélectionnez Fichier >> Nouveau (la Barre de Menu) ou cliquez sur le bouton dans la Barre Standard.

2. Le programme demande l'enregistrement des changements effectués dans le projet actuel avant de créer un nouveau projet.

3. Un nouveau projet, sans nom, est créé, avec toutes les options par défaut.

NB : Le démarrage d'EPANET crée automatiquement un nouveau projet.

### Etape 2: Valeurs du projet par défaut

Pour définir les valeurs par défaut d'un projet:

1. Sélectionnez Projet >> Par Défaut (la Barre de Menu).

2. La boîte de dialogue des Valeurs Par Défaut contient trois pages (identification, propriété, hydraulique).

3. Cocher la case en bas à gauche de la boîte de dialogue si vous voulez que ces valeurs par défaut soient utilisées également dans les futurs projets.

4. Cliquez sur Accepter pour confirmer la sélection des valeurs par défaut.

Il faut noter que Chaque projet s'exécute avec un ensemble de valeurs par défaut, sauf si elles ont été modifiées par l'utilisateur d'EPANET. Il y a trois catégories de valeurs:

- ⑤ Les Étiquettes d'Identification par défaut (les étiquettes utilisées pour identifier les nœuds et les arcs à l'instant de leur création)
- ⑤ Les Propriétés des nœuds et des arcs par défaut (par exemple l'altitude d'un nœud ; la longueur, le diamètre et la rugosité d'un tuyau)
- ⑤ Les Options hydrauliques par défaut (par exemple le système d'unités, l'équation de pertes de charge, etc.)

### **Etape 3 : Dessin d'un schéma de réseau**

Pour pouvoir schématiser votre réseau il suffit juste de déplacer votre objet dans l'espace réservé au dessin

NB : si vous êtes amenées à introduire un réseau déjà schématisé sur un autre logiciel il suffit juste d'importer votre réseau

### **Etape 4 : Édition des objets visibles**

L'Éditeur des Propriétés s'utilise pour éditer les propriétés des objets présents dans le schéma (Nœuds, Réservoirs, Bâches, Tuyaux, Pompes, Vannes ou Textes). Pour éditer un de ces objets, sélectionnez l'objet dans le schéma ou dans le navigateur des données, et cliquez ensuite sur le bouton Éditer dans le navigateur des données (ou double-cliquez sur l'objet dans le schéma).

### **Etape 5 : Simulation**

Après la saisie des informations du réseau, une simulation hydraulique ou qualité peut être réalisée. Ce paragraphe explique le choix des options de simulation, le lancement d'une simulation et la résolution des problèmes pouvant apparaître au cours du calcul.

☞ Spécification des options de simulation

Il y a cinq catégories d'options spécifiant le type de calcul effectué par EPANET. Ce sont les options suivantes: Hydrauliques, Qualité, Réactions, Temps, et Énergie. Pour éditer une de ces options:

1. Sélectionnez la catégorie Options du Navigateur des Données ou sélectionnez Projet >> Options de Simulation de la barre de Menu.

2. Sélectionnez dans le Navigateur: Hydrauliques, Qualité, Réactions, Temps ou Énergie dans le Navigateur.

3. Si l'Éditeur des Propriétés n'est pas visible, cliquez sur le bouton Éditer du Navigateur (ou tapez sur la touche Entrée).

4. Éditez les options dans l'Éditeur des Propriétés selon vos préférences.

Pendant que vous éditez une catégorie dans l'Éditeur des Propriétés, vous pouvez ouvrir la catégorie suivante ou précédente en tapant sur la touche Page Suivante ou Page Précédente.

### **Lancer une simulation**

Pour Lancer une Simulation hydraulique ou de qualité:

1. Sélectionnez Projet >> Lancer la Simulation de la barre de menu ou cliquez sur le bouton dans la barre d'outils standard.

2. Vous pouvez suivre l'exécution des calculs dans la fenêtre État de la Simulation.

3. Cliquez sur Accepter quand les calculs sont terminés.

☞ Résoudre les problèmes

EPANET affiche des messages spécifiques, soit des messages d'avertissement soit des messages d'erreur, quand le programme est confronté à des problèmes.

Lors de l'exécution d'une analyse hydraulique ou d'une analyse de la qualité. Les problèmes les plus fréquents sont expliqués ci-dessous :

✓ Le réseau est déconnecté

EPANET considère un réseau comme déconnecté s'il est impossible de fournir de l'eau aux nœuds de demande. C'est le cas s'il n'y a pas de connexion ouverte entre ce nœud de demande et une bêche, un réservoir ou un nœud avec une demande négative. Si la cause du problème est la fermeture d'un arc, EPANET continue le calcul pour trouver une solution hydraulique (probablement avec des pressions négatives extrêmement grandes) et mentionne l'arc origine du problème dans le Rapport d'État. Si la cause du problème est l'absence d'un arc, EPANET ne peut pas résoudre les calculs hydrauliques de débits et de pressions et affiche le message d'Erreur 110.

Lors d'une simulation de longue durée, il est possible que certains nœuds soient déconnectés par des modifications dans les arcs.

- ✓ Il y a des pressions négatives

EPANET affiche un message d'avertissement s'il trouve des pressions négatives dans des nœuds où la demande est positive. Cela indique un problème dans l'organisation ou l'exploitation du réseau.

Les pressions négatives peuvent apparaître dans certaines parties du réseau ne recevant de l'eau que par des arcs fermés. Dans ce cas, vous verrez également un message avertissant qu'une partie du réseau est déconnectée.

### **Etape 6 : manipulation du schéma**

EPANET permet de visualiser le Schéma d'un réseau en cours de modélisation. Le navigateur du schéma est utilisé pour sélectionner les paramètres des nœuds et des arcs qui seront visualisés dans le schéma. Les paramètres sont représentés dans le schéma à l'aide de couleurs, spécifiées dans la légende du schéma, pour visualiser les différents intervalles de valeurs.

Les unités affichées sont en rapport avec les valeurs par défaut sélectionnées pour ce projet.

☞ Les paramètres des nœuds qui peuvent être visualisés sont:

- ⑤ Altitude
- ⑤ Demande de base (demande nominale ou moyenne)
- ⑤ Qualité initiale (qualité de l'eau au début de la simulation)
- ⑤ \*Demande (la demande totale au moment présent)
- ⑤ \*Charge (altitude + hauteur de pression)
- ⑤ \*Pression
- ⑤ \*Qualité de l'Eau

☞ Les paramètres des arcs qui peuvent être visualisés sont:

- ⑤ Longueur
- ⑤ Diamètre
- ⑤ Coefficient de rugosité
- ⑤ Coefficient de réaction de Masse
- ⑤ Coefficient de réaction aux Parois
- ⑤ Débit
- ⑤ Vitesse
- ⑤ Perte de charge unitaire (pour 1000 mètres (ou pieds) de tuyau) en m/km
- ⑤ Facteur de friction (de la formule de perte de charge de Darcy-Weisbach)
- ⑤ Vitesse de réaction (moyenne de la longueur du tuyau)
- ⑤ Qualité de l'eau (moyenne de la longueur du tuyau)

## Références :

- ✓ RADEEMA (2008) : Plan Directeur de Distribution d'Eau Potable de la ville de Marrakech – Edition définitive - Rapport interne.
- ✓ RADEEMA (2010) : Actualisation Plan Directeur de Distribution d'Eau Potable de la ville de Marrakech – Edition définitive - Rapport interne.
- ✓ GASMI Houssin (2010) : Alimentation en eau potable, cours Master Hydro informatique, Université Ibn Toufiel Kenitra
- ✓ [http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet\\_fr.pdf](http://personales.upv.es/piglesia/descarga/Epanet_fr.pdf)