

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

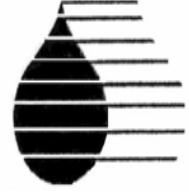
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان-
UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie



قسم الري

Département d'Hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de
Master En Hydraulique :

Option : Eau, Sol et Aménagement.

**LES ADDUCTIONS DU GROUPEMENT
URBAIN DE TLEMCEN, ETATS DES LIEUX
ET PROPOSITION DES SOLUTIONS :
Secteur Mansourah**

Soutenu le : ... - ... - 2012.

Par : M^r BOUMEDIENE Abdelbassit

Devant les membres du Jury :

M^r CHIBOUB FELLAH A.

M^r HABI M.

M^r BENTELHA C.

M^{me} DJEDID H.

President

Encadreur

Examineur

Examinatrice

PROMOTION: 2011 – 2012

Dédicace

Je tien à dédier ce modeste travail :

*A mes chers parents pour la compréhension, la patience
et le soutien moral et financier.*

A ma sœur et mon frère.

A mes oncles et mes tantes.

A tous la famille BOUMEDIENNE et MOUSSOUNI

*A tous mes amis spécialement : Seddik, Samir, Fouzi,
Hassini, Sid A., Hachemi, Ferhat, Houari, Rabiâa ...*

A tous les étudiantes d'hydraulique sans exception

*Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde
reconnaissance et de mes sincères gratitude.*



BOUMEDIENNE A. E. B.

Remerciements

Louange et grâce à Dieu pour m'avoir accordé la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Je souhaite, tout d'abord, remercier mon encadreur Monsieur HABI M. pour avoir rempli parfaitement ce rôle et pour les orientations précieuses dont il m'a fait part. Je ne serai le remercier assez pour son soutien et son suivi scientifique. Je lui dois beaucoup pour la confiance qu'il m'a témoignée et pour les encouragements et conseils qu'il m'a prodigué.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur CHIBOUB FELLAH A. qui a accepté de présider le jury. Il m'est agréable de lui exprimer mes sincères reconnaissances. Je suis également reconnaissant à Messieurs BENTALHA C. et Madame DJEDID H. qui ont bien voulu me faire l'honneur d'examiner mon mémoire. Qu'ils trouvent ici toute mon estime et ma respectueuse gratitude.

J'adresse mes remerciements à Messieurs BOUMEDIENE A., FIZAZI D. et BELABBAS M. pour la mise à ma disposition des données sur le réseau d'AEP de la ville de Tlemcen, aussi pour les renseignements fournis sans lesquels ce travail n'aurait pas pu être effectué.

Une très grande merci va encore à Monsieur OUNEDJLA A., pour m'avoir guidée, conseillée, et aussi pour m'avoir emmenée sur le terrain et expliquée leur métier. Je le remercie pour l'esprit jovial et la bonne humeur qu'il a toujours entretenue en ma direction.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Monsieur BOUKERCH, pour avoir mis à ma disposition toute l'information dont il disposait pour mener à terme ce travail et qui, par ses connaissances et sa disponibilité, a su répondre à mes attentes et interrogations.

Ma gratitude s'adresse également à mes parents pour leur soutien et leur encouragement et bien sûr à tous mes amis et collègues et plus particulièrement Seddik pour le temps qu'il a consacré à m'aider.

Je ne saurais clôturer cette liste de remerciements sans m'adresser à toutes les personnes du service ADE pour leur soutien moral et scientifique.

Enfin, je tiens à remercier de manière sincère et spéciale, toutes les personnes qui m'ont conseillé ou qui se sont tout simplement intéressées à ce travail. Qu'elles trouvent en ces mots, l'expression de ma profonde gratitude même si leurs noms ne figurent pas dans cette brève série de reconnaissances.

Résumé

Le but du présent mémoire est le diagnostic de l'état actuel de fonctionnement du réseau d'adduction d'eau potable du secteur Mansourah (Groupement Urbain de Tlemcen). Il s'agit d'avoir une connaissance poussée et fine du système et de dégager les enjeux ainsi que les perspectives pour le futur. Cela permet de donner à ce secteur les capacités nécessaires pour une gestion durable du réseau. Dans une première partie, l'étude comprend une présentation de la région étudiée (géographie, démographie, ressources en eau, ...), une estimation des besoins en eau actuels et futurs ainsi qu'une explication du fonctionnement du réseau. A partir de l'ensemble de ces données, il est possible d'identifier les problèmes, et donc de proposer des solutions adaptées en se basant sur le logiciel Epanet.

Mots clés : Groupement Urbain de Tlemcen, Secteur de Mansourah, Réseau d'alimentation en eau potable, Modélisation, Epanet, Diagnostic.

Abstract

The aim of this dissertation is to diagnose the current state concerning the water adduction system of the sector of Mansourah (Urban Group of Tlemcen). The main goal is to bring a thorough knowledge of this system and to emphasize the stakes and the prospects for the future. That will give necessary capacities for durable management of this system. Firstly, our study include a presentation of the chosen area (geography, demography, water resources ...), an estimation of the current and the coming water needs as well as an explication of the network running. All these information will allow to define problems and to propose adapted solutions by the help of Epanet software tool.

Key-words : Urban Group of Tlemcen, Sector of Mansourah, drinkable water supply network, Modelling, Epanet, Diagnosis.

ملخص

إن الهدف من هذه المذكرة هو تشخيص الوضع الحالي لشبكة توصيل الماء الشروب لقطاع منصوره (المجمع الحضري لتلمسان)، الأمر الذي يتطلب توفر دراية معمقة و دقيقة فيما يتعلق بهذه النظام مع استخلاص الرهانات والآفاق المستقبلية. هذا ما سيمنح لهذا القطاع القدرات الضرورية من أجل إدارة مستديمة لهذه الشبكة. تشمل الدراسة في مرحلتها الأولى تقديمًا للمنطقة المدروسة (جغرافيا، ديموغرافيا، موارد مائية، ...)، تقديرًا للاحتياجات المائية الحالية و المستقبلية بالإضافة إلى شرح طريقة عمل شبكة التوصيل المذكورة. بناء على هذه المعلومات سيكون ممكنا تعيين المشاكل و من ثم اقتراح الحلول المناسبة معتمدين في ذلك على برنامج "إبانيت".

الكلمات المفتاحية : المجمع الحضري لتلمسان، قطاع منصوره، شبكة الماء الشروب، نمذجة معلوماتية، إبانيت، تشخيص.

Table des matières

DEDICACE.....	I
REMERCIEMENT	II
RESUME	III
TABLE DES MATIERES	IV
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	V III
LISTE DES ABREVIATIONS	XI V
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 1 : PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE ETUDIEE.....	3
1. Introduction	4
2. Généralités sur la Wilaya de Tlemcen	4
2.1. Cadre géographique.....	4
2.2. Ressources en eau	6
3. Présentation du Groupement Urbain de Tlemcen (GUT).....	6
3.1. Situation géographique.....	6
3.2. Evolution démographique.....	7
3.3. Situation climatique	8
3.4. Ressources hydriques.....	9
3.4.1. Les eaux superficielles	9
3.4.2. Les eaux souterraines.....	12
3.4.3. Le dessalement de l'eau de mer de la wilaya de Tlemcen	14
4. Présentation de la commune de Mansourah	17
4.1. Situation géographique	17
4.2. Alimentation en eau potable	18
Chapitre 2 : ETUDE DES BESOINS EN EAU	20
1. Introduction	21
2. Consommation en eau potable	21
2.1.Comptabilisation des eaux distribuées	22
2.2. Volumes consommés.....	22

2.2.1 Pour la totalité du Groupement Urbain de Tlemcen	23
2.2.2. Pour la commune de Mansourah	25
2.3. Pertes d'eau et rendements du réseau.....	26
2.3.1. Pertes d'eau sur l'adduction et rendement primaire.....	26
2.3.2. Pertes d'eau sur le réseau de distribution et rendement secondaire	27
2.3.3. Pertes totales et rendements globaux du réseau	28
3. Estimation de la dotation hydrique.....	29
3.1. La dotation théorique	29
3.2. La dotation réelle.....	29
3.3. Le taux de satisfaction.....	30
4. Calcul des besoins en eau et des volumes distribués	31
4.1. Généralités.....	32
4.1.1. Besoins domestiques	32
4.1.2. Besoins des services publics	32
4.2. Hypothèses de calcul.....	33
4.3. Résultats de calcul.....	33
4.4. Interprétation des résultats	34
5. Balance Ressources-Besoins futurs.....	37
6. Conclusion.....	38
Chapitre 3 : DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ADDUCTION D'EAU POTABLE DE MANSOURAH	40
1. Introduction	41
2. Collecte de données.....	41
3. Description du réseau d'adduction	42
3.1. Ouvrages de production	42
3.2. Ouvrages de traitement.....	43
3.3. Ouvrages de dessalement	44
3.4. Caractérisation des conduites	46
3.5. Installation de pompage	46
3.6. Les réservoirs de stockage.....	47
3.6.1. Etats de corrosion	48
3.6.2. Accès aux ouvrages annexes	48
3.6.3. Compteurs	49

3.6. Ouvrages spéciaux.....	51
3.7.1. Les compteurs	51
3.7.2. Les poteaux d'incendie	51
3.7.3. Les vannes	52
4. Disfonctionnement et anomalies du réseau	52
4.1. Région alimentée par les réservoirs de Boudjmil.....	52
4.2. Région alimentée par les réservoirs de Mansourah.....	52
5. Modélisation numérique sous EPANET	53
5.1. Généralités sur la modélisation	53
5.2. Choix du logiciel	54
5.3. Construction du modèle	54
5.3.1. Données nécessaires à la création du modèle.....	54
5.3.2. Eléments du modèle	55
5.3.3. Propriétés des éléments	58
5.3.4. Le profil de consommation journalier	63
5.3.5. Calage du modèle	64
5.3.6. Calcul hydraulique	66
5.3.7. Problèmes de construction et limites.....	68
5.4. Difficultés rencontrées	68
6. Résultat des simulations	69
6.1. Généralités.....	69
6.2. Analyse des résultats	69
6.2.1. Région alimentée par les réservoirs de Boudjmil.....	70
7. Conclusion.....	81
Chapitre 4 : INTERVENTIONS PROPOSEES	83
1. Introduction	84
2. Interventions proposées.....	84
2.1. Renouvellement du système d'adduction.....	84
2.1.1. La région alimentée par les réservoirs de Mansourah.....	84
2.1.2. La région alimentée par les réservoirs de Boudjmil.....	86
2.2. Réduction des pressions	86
2.2.1. La région alimentée par les réservoirs de Mansourah.....	87
2.2.2. La région alimentée par les réservoirs de Boudjmil.....	88

2.3. Réhabilitation des ouvrages existants :	88
2.3.1. La réhabilitation des réservoirs	88
2.3.2. La réhabilitation des stations de traitement.....	89
2.3.3. Réhabilitation de forages existants.....	89
2.4. Réparation des fuites et maîtrise des pertes.....	89
2.4.1. Le diagnostic permanent	89
2.4.2. La maîtrise de la relève des compteurs et de la facturation.....	91
2.4.3. Le contrôle de la pression de service,	91
2.4.4. La recherche de fuite et la télé relève.....	91
2.4.5. La gestion patrimoniale des réseaux	91
2.5. Amélioration du travail des fonteniers	91
2.6. Réalisation d'un schéma directeur d'eau potable.....	92
3. Conclusion.....	93
CONCLUSION GENERALE	94
REFERENCE BIBLIOGRAPHIE	95
LISTE DES ANNEXES	98

Liste des figures

Figure 1-1 : Volumes produits par année par les eaux superficielles [D'après L'ADE].	5
Figure 1-2: Situation géographique du Groupement Urbain de Tlemcen [3].	7
Figure 1-3 : Volumes produits par année par les eaux superficielles [D'après L'ADE].	11
Figure 1-4 : Affectation des eaux des trois barrages (Sikkak, Meffrouche et Béni-Bahdel) avant dessalement [6].	12
Figure 1-5 : Les ressources en eaux souterraines de la wilaya de Tlemcen [2].	13
Figure 1-6 : Les volumes annuels produits par les eaux souterraines [D'après l'ADE].	14
Figure 1-7 : les productions totales des eaux superficielles et souterraines [D'après l'ADE].	15
Figure 1-8 : Situation géographique des stations de Souk Tlata et Honaine [DHWT].	16
Figure 1-9 : Situation géographique de la commune de Mansourah [4].	19
Figure 1-10 : Schéma des grandes adductions du GUT (avant dessalement).	21
Figure 2-1 : Variations des volumes consommés par les différentes catégories en parallèle à l'évolution du nombre d'abonnés dans le GUT [D'après l'ADE].	24
Figure 2-2 : La répartition de l'approvisionnement en eau potable [D'après l'ADE].	25
Figure 2-3 : Volumes consommés par catégorie et par secteur pour l'année 2012 (premier trimestre) [D'après l'ADE].	26
Figure 2-4 : Volumes consommés en % dans le secteur Mansourah par catégorie (2012 1er trimestre) [D'après l'ADE].	26
Figure 2-5 : Variation des pertes et du rendement primaire dans le réseau d'adduction de GUT [D'après l'ADE].	27
Figure 2-6 : Variation des pertes et du rendement secondaire dans le réseau de distribution de GUT [D'après l'ADE].	28
Figure 2-7 : La variation des volumes produits, consommé et des pertes totales [D'après l'ADE].	29
Figure 2-8 : Evolution des besoins totaux en eau potable du GUT (2011-2040).	36
Figure 2-9 : Evolution des besoins totaux en eau potable du secteur Mansourah (2011-2040).	36
Figure 3-1 : Structure du modèle hydraulique réalisé par Epanet.	61
Figure 3-2 : Localisation de la région de Bouhannak.	61
Figure 3-3 : Localisation des réservoirs tampon et Tombeau du Rab.	62

Figure 3-4 : Localisation de la région de Mansourah.....	63
Figure 3-5 : La courbe de modulation.	64
Figure 3-6 : Caractéristique de la pompe de refoulement Sp1 Sikkak sur Epanet	69
Figure 3-7 : Présentation de la pression et débit pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 08:00 (vanne 57 ouverte).....	72
Figure 3-8 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 100 et 98 avant régulation de la vanne 57.....	72
Figure 3-9 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 08:00 (vanne 57 en régulation).....	73
Figure 3-10 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 100 et 98 après régulation de la vanne 57.....	73
Figure 3-11 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 19:00 (vanne 57 ouverte).....	74
Figure 3-12 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 97 et 280 (vanne 57 ouverte).....	74
Figure 3-13 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 19:00 (vanne 57 en régulation).....	76
Figure 3-14 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 97 et 280 (vanne 57 en régulation).....	76
Figure 3-15 : extraction du réseau montrant les différentes conduites d'entrée et de sortie pour les réservoirs Boudjmil.....	77
Figure 3-16 : Evolution du débit au niveau des conduites d'adduction et à Bouhannak (vanne 57 ouverte).....	78
Figure 3-17 : Evolution du débit au niveau des conduites d'adduction à Bouhannak (vanne 57 en régulation).....	78
Figure 3-18 : marnage des deux réservoirs de Boudjmil (avant régulation de la vanne 57).....	79
Figure 3-19 : marnage des deux réservoirs de Boudjmil (après régulation de la vanne 57).....	79
Figure 3-20 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Sidi Saïd et d'Imama à 19:00.	80
Figure 3-21 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 47 et 96.	81
Figure 3-22 : Présentation des différentes conduites d'entrée et sortie des trois réservoirs de Mansourah.....	81
Figure 3-23 : Evolution du débit au niveau des conduites d'adduction pour les réservoirs Mansourah.	82
Figure 3-24 : marnage des réservoirs Mansourah 1, 2 et 3.....	82

Figure 3-25 : marnage du réservoir Petit Mansourah.	82
Figure 4-1 : Modification du diamètre de la conduite principale transitant l'eau d'après les réservoirs de Mansourah.	85
Figure 4-2 : Marnage des réservoirs de Mansourah.	86
Figure 4-3 : Modification du diamètre de la conduite transitant l'eau au 400 Logts. ...	86
Figure 4-4 : Modification des caractéristiques de la vanne principale de Sidi Saïd.....	88
Figure 4-5 : Modification des caractéristiques de la vanne principale de Bouhanak. ...	89

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Evolution de la population de GUT (2010-2040) [12].....	8
Tableau 1-2 : La répartition de la population de GUT pour l'an 2010 [3].	8
Tableau 1-3 : Les Barrages exploitables par la zone d'étude [10].	10
Tableau 1-4 : caractéristique des stations de Honaine et Souk Tlata et les zones desservie par chacune d'elles [D'après la DHWT].	17
Tableau 2-1 : Résultats du calcul de la dotation hydrique pour le GUT et Mansourah (consulter l'annexe 05 et 06).	30
Tableau 2-2 : Résultats du calcul du taux de satisfaction pour le GUT et Mansourah.	31
Tableau 2-3 : Proposition de la dotation hydrique et des pertes d'eau.	31
Tableau 2-4 : Hypothèses de calcule des besoins futures en eau potable de GUT.	33
Tableau 2-5 : Calcul des besoins en eau potable pour l'horizon 2040 (GUT).	34
Tableau 2-6 : Calcul des besoins en eau potable pour l'horizon 2040 (Mansourah). ...	34
Tableau 2-7 : Balance ressources-besoin futurs en eau pour plusieurs DOT (GUT). ...	37
Tableau 2-8 : Balance ressources-besoin futurs en eau pour plusieurs dotations (Mansourah).	37
Tableau 3-1 : Les forages alimentant Mansourah (caractéristiques d'équipements) [Source ADE].	42
Tableau 3-2 : Caractéristiques des stations de pompages du secteur Mansourah [D'après l'ADE].	47
Tableau 3-3 : Caractéristiques des réservoirs du secteur Mansourah.....	47
[D'après l'ADE].	47
Tableau 3-4 : Caractéristiques des réservoirs du secteur Mansourah.....	50
[D'après l'ADE].	50
Tableau 3-5 : Données d'entrée et paramètres calculées pour chaque élément du modèle hydraulique [16].....	58
Tableau 3-6 : Coefficients multiplicateurs	63

Liste des photos

Photo 3-2 : Petite citerne de préparation du chlore (utilisé au niveau des réservoirs Mansourah).....	44
Photo 3-3 : Pompe doseuse pour introduire le chlore dans le réservoir de Mansourah 3 (5000 m ³).	44
Photo 3-4 : Station de dessalement d'eau de mer de Souk Tlata.....	45
Photo 3-5 : Station de dessalement d'eau de mer de Honaine.....	45
Photo 3-7 : Stations de pompage SP3 de Béni Boublène.	46
Photo 3-8 : Stations de pompage SP...Boudjmil.....	46
Photo 3-6 : Stations de pompage SP1 de Sikkak.....	46
Photo 3-9 : Vanne papillon (station de pompage SP4).....	48
Photo 3-10 : Conduite de sortie du réservoir Mansourah 5000 m ³	48
Photo3-11 : Conduite principale de la chaine de Béni Mester.	49
Photo 3-12 : Accès au compteur (Réservoir Mansourah ...).....	49
Photo 3-13 : Compteur du réservoir Mansourah	49
Photo 3-14 : Compteur d'électricité (station de pompage SP4).	51
Photo 3-15 : Compteur d'électricité (station de pompage SP4).	51
Photo3-16 : Mesure des pressions à l'aide d'un manomètre.	65
Photo 3-17 : Mesure de la pression au niveau des 120 Log.	65
Photo3-18 : Mesure de la pression au niveau d'El Habak.....	65
Photo3-19 : Mesure de la pression au niveau de Taghraret (partie basse).	65

Liste des annexes

ANNEXE 01 : Bilan annuelle de la production des forages pour l'année 2009.....	99
ANNEXE 02 : Les débits produits pour le GUT en (l/s) pour l'année 2010	100
ANNEXE 03 : Les débits produits pour le GUT en (l/s) pour l'année 2008.	101
ANNEXE 04 : Les débits produits pour le GUT en (l/s) pour l'année 2009.	102
ANNEXE 05 : Consommation d'eau dans le GUT.....	103
ANNEXE 06 : Coefficients nécessaire pour le calcul mathématique d'Epanet.	105

Nomenclature

AEP	: Alimentation en eau potable.
ADE	: Algérienne des eaux.
BBO	: Adduction Béni Bahdel Oran.
BC	: Brise charge.
CAT	: Catégorie.
CTH	: Contrôle technique hydraulique.
DHWT	: Direction d'Hydraulique de la wilaya de Tlemcen.
DOT	: Dotation Hydrique.
DPAT	: Direction de planification et de l'aménagement de wilaya Tlemcen.
GUT	: Groupement urbain de Tlemcen.
HMT	: Hauteur manométrique totale.
kW	: Kilowatt.
l/j/hab	: Litre par jour par habitant.
mCE	: Mètre colonne d'eau.
Mm ³ /an	: Million de mètre cube par an.
OPGI	: Office promotionnel de la gestion immobilière.
PEHD	: Polyéthylène de haute densité.
PM	: Puissance minimale.
SDEM	: Station de dessalement d'eau de mer.
SIG	: Système d'information géographique.
SP	: Station de pompage.
Ts	: Taux de satisfaction.

Introduction générale

L'eau constitue une denrée essentielle dans la vie de tout individu. Elle est à la fois habitat, aliment, moyen de production, de transport et bien marchand. Sa maîtrise et sa disponibilité en quantité suffisante et en qualité doivent être une des premières préoccupations d'une quelconque agglomération. En effet, l'amenée de l'eau, son traitement, son stockage, et sa distribution représentent des capitaux considérables à mobiliser.

A ce troisième millénaire, la disponibilité de l'eau représente un frein majeur au développement d'un certain nombre de pays. Au même titre, l'Algérie, est confrontée à ce problème de la rareté de l'eau, soit actuellement ou bien dans l'avenir. Si elle souffre depuis quelques temps d'une sécheresse qui a touché la totalité du pays, c'est dans la région Ouest qu'elle a le plus duré et c'est là où elle est la plus sévère.

A cheval sur les deux Régions Nord-ouest et Hauts-Plateaux-Ouest, la wilaya de Tlemcen a surtout été liée à la partie Nord par les ressources en eaux superficielles qu'elle continue à lui fournir. Elle présente en effet la particularité d'abriter la plus grande partie du Bassin de la Tafna, dont les potentialités lui ont, très tôt, conféré le statut de « réservoir en eau de l'Ouest ».

En cours de ces deux dernières décennies, le Groupement Urbain de Tlemcen a été caractérisé par le rythme important d'accroissement de sa population urbaine. Outre le taux d'accroissement démographique relativement important, ce phénomène a été amplifié par l'exode rural durant les années de terrorisme qu'a vécu notre pays.

En conséquence, une répartition spatiale très déséquilibrée de la population du GUT a été enregistrée. Ainsi le développement anarchique d'un grand nombre de quartiers au niveau de GUT a été à l'origine de la gestion irrationnelle actuelle de son réseau d'eau potable.

En effet, pour minimiser l'impact néfaste d'un mécontentement de la population Tlemcenienne les responsables s'ont trouvés contraints dans un passé proche de puiser de plus en plus du réseau d'AEP existant en procédant à des piquages non étudiés sans oublier ceux réalisés illicitement par la population.

Ainsi, compte tenu de l'importance que revêt cette ville, il s'avère nécessaire de mener une bonne étude allant dans le sens de la gestion et l'optimisation de l'eau qui devenue une denrée de plus en plus rare. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce présent travail.

Faisant partie de GUT, la commune de Mansourah, avait jusqu'alors une connaissance empirique de son réseau d'eau potable, et sa gestion se faisait sans méthodologie particulière au fur et à mesure de l'apparition des problèmes. Suite au changement radical des besoins et à une exigence de service accrue, la commune a commandé la réalisation d'un schéma directeur d'eau potable.

La gestion rationnelle d'un tel réseau est pratiquement impossible sans le concours de tous les secteurs concernés pour développer avec des bases scientifiques des moyens de contrôle et de gestion de ce réseau. Par ailleurs les gestionnaires doivent être dotés d'outils efficaces pour assurer l'amortissement des investissements. D'où le besoin d'une nouvelle vision pour une meilleure gestion du réseau d'eau potable du secteur concerné.

Alors, notre mémoire est organisé en quatre chapitres :

Tout d'abord, le premier chapitre décrit la situation géographique, climatique et démographique de notre région étudiée. Ensuite, on a une évaluation des différentes ressources en eau alimentant la région et leur mobilisation, et enfin, analyser les volumes d'eau consommés.

Au cours du chapitre 02, nous avons estimé les besoins en eau actuels ainsi que futures, le rendement du réseau et le taux de fuites pour arriver en fin à faire une balance offre/besoin, non pas seulement pour le secteur Mansourah, mais pour la totalité de GUT.

Le chapitre 03 décrit dans une première partie le réseau d'adduction concerné par notre étude pour passer, ensuite, aux différents dysfonctionnements du réseau soit celles qui sont techniques (vieillessement ...) ou bien hydrauliques (pression, débit ...). Afin de mettre en lumière ces dysfonctionnements, nous avons basé essentiellement sur le logiciel Epanet avec lequel nous avons pu faire une modélisation de notre réseau et puis une simulation.

Cette modélisation nous a permis de proposer des aménagements pour améliorer le fonctionnement actuel du réseau et pour subvenir correctement aux besoins futurs du GUT et d'autre part pour mettre en évidence une politique d'intervention aux responsables et techniciens pour une bonne gestion du patrimoine collectif et une amélioration de la qualité de service du réseau d'alimentation en eau potable. C'est le quatrième chapitre.

Enfin, une conclusion clôture le mémoire.

Chapitre 01 :

Présentation générale

de la zone étudiée

1. Introduction

Tout d'abord, il faut signaler qu'une étude diagnostique d'un réseau d'alimentation en eau potable, nécessite au préalable une présentation détaillée des caractéristiques de la zone concernée. Sa structure physique et géographique, son potentiel humain ainsi que l'évolution démographique et économiques et ses diverses ressources en eau sont autant les axes que nous allons abordés.

C'est ainsi que cette première phase permettra d'établir les données nécessaires pour la suite de notre travail en ce qui concerne l'étude des besoins en eau de la population étudiée.

2. Généralités sur la Wilaya de Tlemcen

2.1. Cadre géographique

La wilaya de Tlemcen est une zone côtière, située au Nord-ouest de l'Algérie à 520 km au Sud-ouest d'Alger, à 170 km au Sud-ouest d'Oran et à 76 km à l'Est de la ville d'Oujda, elle est distante de 40 km de la mer [15].

Ainsi, elle est limitée, au Nord, par la mer Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Sidi Bel Abbes, au Sud par la wilaya de Naâma et au Nord-ouest par la wilaya d'Ain Témouchent. Cette wilaya couvre une superficie de 9,061 km², soit près de 4 % de la superficie totale du territoire national [3].

L'importance de la wilaya de Tlemcen se décèle à plusieurs niveaux : Une économie diversifiée, un potentiel humain dynamique non négligeable, une ouverture vers l'extérieur offrant des opportunités d'échanges multiples, un patrimoine et un savoir faire ancien dans plusieurs domaine, des infrastructures en amélioration constante [3].

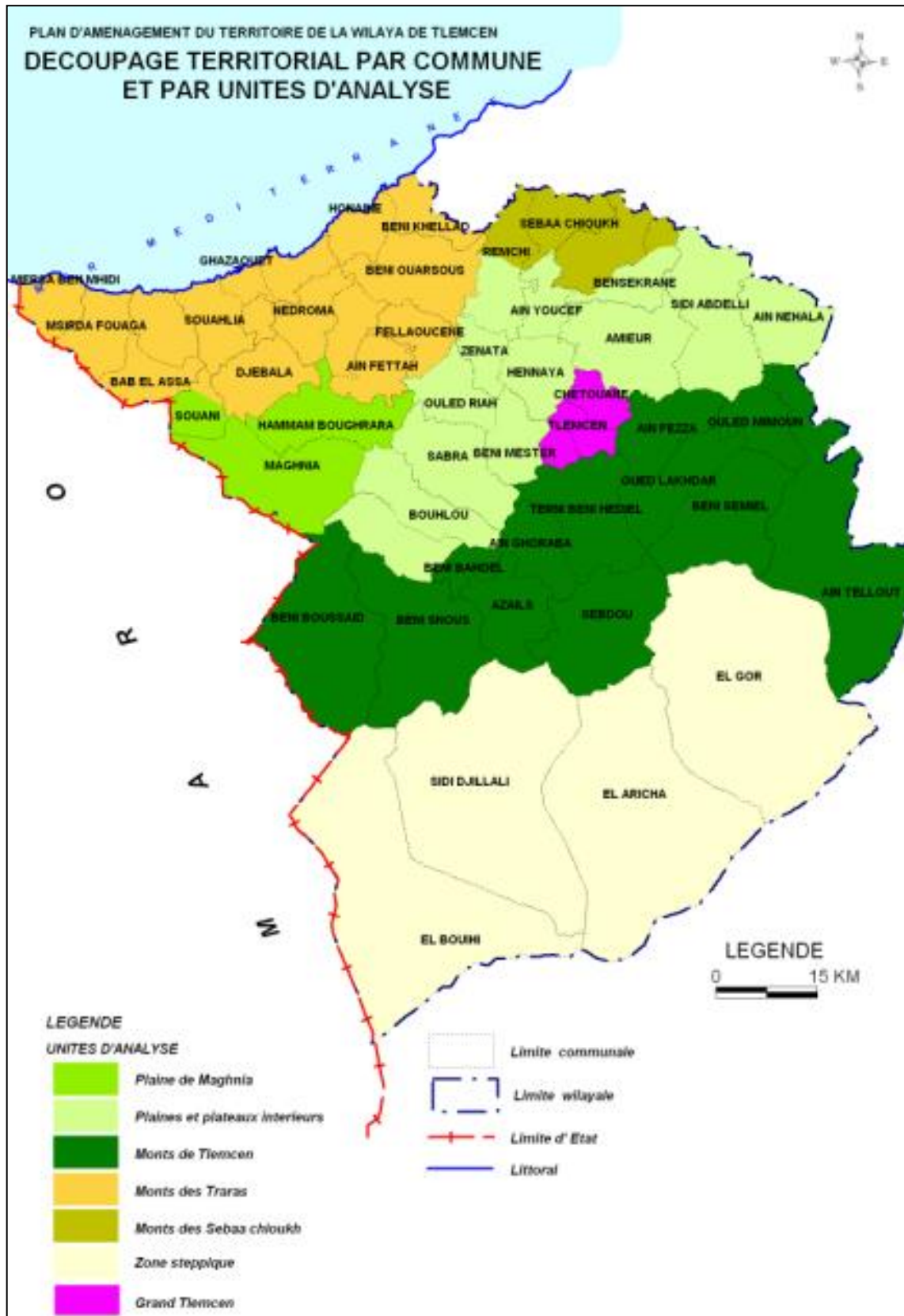


Figure 1-1 : Situation géographique de la wilaya de Tlemcen [3].

2.2. Ressources en eau

Dernièrement, l'investissement dans le secteur de l'eau a été important : Sans compter le financement des unités de dessalements qui se sont élevés à près de 30 milliards de DA, 22 milliards de DA ont été consacrés à 128 opérations. Ceci a permis la mise en service de 120 nouveaux forages fournissant des ressources estimées à 103 000 m³/jour au profit d'agglomérations fortement déficitaires telles Maghnia, Nedroma, Marsat Ben M'hidi, Souani, Bab El Assa, le renforcement de l'alimentation de Grand Tlemcen à partir du barrage de Sikkak par une canalisation de 22 km d'un débit de 18 000 m³/jour et à partir du champ captant de Zouia par une canalisation de 30 km d'un débit de 30 000 m³/jour et le transfert de la station de reprise est vers Bouhlou pour un débit de 20 000 m³/jour. Le transfert des eaux du Chatt El Gharbi, à 40 millions de m³/an, qui a déjà connu de nombreux forages de reconnaissance, est programmé pour 2010. Il alimente la zone nord de la wilaya de Naama, les zones Sud de la wilaya de Tlemcen et irriguera environ 6000 ha [15].

La wilaya a aussi mis en exploitation deux petites stations de dessalement monobloc d'une capacité totale de 5000 m³/jour, destinées à l'alimentation en eau potable de Ghazaouet. En prévision d'une nouvelle période de sécheresse, 50 forages sont actuellement volontairement à l'arrêt, en réserve, est-il signalé. Mais la grande innovation en matière de mobilisation des ressources est la mise en fonctionnements, en 2010, de deux stations de dessalement d'eau de mer, l'une à Souk Tlata d'une capacité de 200 000 m³ destinée à l'alimentation de la partie Ouest de la wilaya et l'autre à Honaine de même capacité destinée à l'AEP des parties Nord de la wilaya. Ceci équivaut à la construction d'un grand barrage d'une capacité de 150 millions de m³. A propos de barrage, Meffrouche a comme capacité un volume d'eau de 15 hm³ (AEP de Tlemcen), Sidi Abdelli 78,2 hm³ (AEP de Sidi Bel-Abbes), Béni Bahdel 56 hm³ (AEP de Tlemcen, Oran et Sidi Bel-Abbes), Hammam Boughrara 156,2 hm³ (AEP de Tlemcen, Oran et Ain Témouchent) et Sikkak 28 hm³ (AEP groupe urbain de Tlemcen) [15].

3. Présentation du Groupement Urbain de Tlemcen (GUT)

3.1. Situation géographique

Le groupement des trois communes : Tlemcen, Chetouane et Mansourah, occupe environ 11 200 hectares constituant le bassin intérieur de Tlemcen. Ce bassin est limité au Sud par la falaise de Lalla Setti (1 200 m d'altitude), au Nord par la haute colline D'Ain El Houtz, à l'Est par Oum El Allou et à l'Ouest par les monticules de Béni Mester [15]. Dans la présente étude, nous allons nous intéresser plus précisément par la commune de Mansourah.

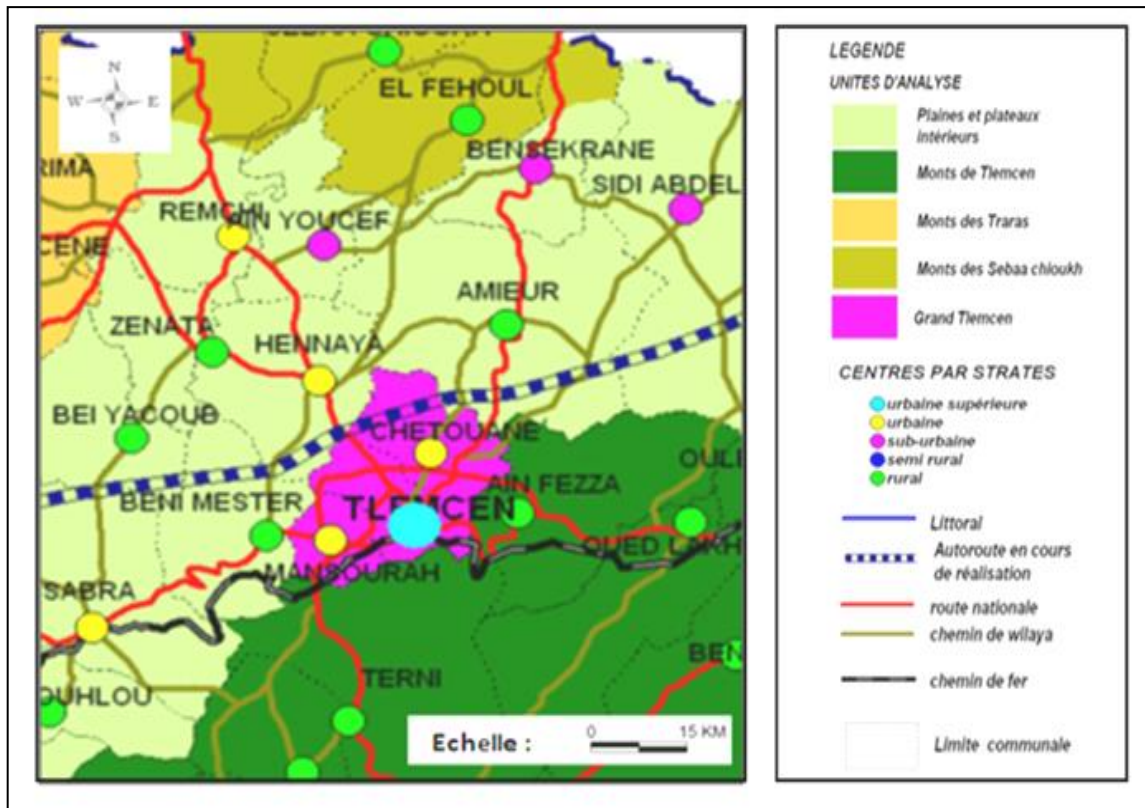


Figure 1-2 : Situation géographique du Groupement Urbain de Tlemcen [3].

3.2. Evolution démographique

Pour évaluer la couverture des besoins en eaux jusqu'à l'an 2040, il est nécessaire d'estimer la croissance démographique et de connaître l'évolution de la consommation par habitant. Les projections d'augmentation de la population tiennent compte de deux scénarios : La croissance faible et la croissance élevée.

Pour notre étude, nous utilisons les données de la direction de la planification de l'aménagement de la wilaya de Tlemcen (D.P.A.T) de l'année 2010. Ces données correspondent à un scénario de croissance démographique faible.

L'estimation de la croissance démographique de GUT, que nous résumons dans le tableau 2-1, est basé sur la relation des croissances continues, donnée par [5] :

$$P_f = P_0 \cdot (1 + \alpha)^n$$

Avec :

P_0 : La population du moment considéré ;

P_f : La population future ;

α : Le taux d'accroissement ;

n : Nombre d'année à l'horizon fixé.

Tableau 1-1 : Evolution de la population de GUT (2010-2040) [12].

Communes	Tlemcen	Chetouane	Mansoura	Totale
Taux d'accroissement	0,6 %	3,1 %	3,3 %	2,33 %
2010	142321	51637	53542	247500
2011	143175	53237	55308	251720
2012	144034	54888	57134	256056
2013	144898	56590	59019	260507
2014	145767	58344	60967	265078
2015	146643	60152	62979	269774
2020	151094	70072	74079	295245
2025	155682	81628	87136	324446
2030	160409	95090	102494	357993
2035	165279	110771	120559	396609
2040	170297	129039	141809	441145

La répartition de la population de chaque commune de GUT selon le recensement général de la population et de l'habitat de l'année 2010 est représentée en détail dans le tableau suivant :

Tableau 1-2 : La répartition de la population de GUT pour l'an 2010 [3].

Commune	Superficie (Km²)	Population (Hab)	Densité (Hab/Km²)	Taux d'accroissement
Tlemcen	40 ,11	142321	3548	0,6
Chetouane	45	51637	1147	3,1
Mansourah	27	53542	1983	3,3
Total	112,11	247500	2207	2,33

3.3. Situation climatique

Le climat est la moyenne, sur un certain nombre d'années, des variations quotidiennes de la température, des précipitations, des vents et d'autres conditions atmosphériques qui caractérisant un point quelconque de la surface de la terre [15].

Tout comme de la Wilaya de Tlemcen, dans son ensemble, le groupement urbain de Tlemcen jouit aussi d'un climat méditerranéen subissant l'influence continentale. La saison d'été est très chaude et sèche, allant de Juin à Septembre.

Les contrastes de température sont très exagérés à cause des terrains rocheux qui favorisent l'échauffement diurne et le rayonnement nocturne. En hiver, le climat est humide et très froid [15].

Sur le plan pluviométrique, les monts de Tlemcen reçoivent chaque année les plus importantes précipitations dans l'Ouest Algérien, ce qui leur permet d'assurer l'alimentation en eau potable d'un certain nombre de ville de la région. Par contre les précipitations diminuent quand on se dirige vers le Sud [15].

3.4. Ressources hydriques

L'alimentation actuelle de GUT est assurée par deux catégories de ressources : Superficielles et souterraines.

3.4.1. Les eaux superficielles

a. Description générale

Avant introduction des eaux de dessalement dans le réseau d'AEP de Tlemcen, les eaux de surface alimentant le GUT étaient mobilisées par trois barrages : Béni-Bahdel, Sikkak et Maffrouch. Actuellement (après dessalement), c'est seulement Sikkak et Maffrouch qui font cet objectif [7]. Les caractéristiques générales pour chaque barrage sont résumées dans le tableau 1-3.

- **Barrage Béni-Bahdel**

Le barrage Béni Bahdel constitue le premier ouvrage réalisé dans le bassin de la Tafna puisqu'il date de la période 1934-1940. A l'origine, il était destiné à l'irrigation du périmètre de Maghnia. L'ouvrage construit en béton avait une capacité initiale de 63Mm^3 . Il devait régulariser un volume annuel de 74Mm^3 . Le bassin versant correspondant à une superficie de 1016Km^2 et la pluviométrie moyenne annuelle est de 484mm [2].

L'eau destinée à l'alimentation de la région oranaise doit évidemment subir un certain nombre de traitements destinés à lui assurer la pureté et les qualités hygiéniques requises. Alors, la station de filtration comprend 72 bassins standards (24 préfiltres et 48 filtres) de 153m^2 chacun, soit au Totale plus de $11\,000\text{m}^2$. La capacité optimale de traitement est de $1\,273\text{l/s}$ soit $110\,000\text{m}^3/\text{j}$ [9].

- **Barrage Meffrouche**

Le barrage Meffrouche est situé à la côte $1\,100\text{m}$ surplombant de la ville de Tlemcen, à 8km au Sud de la commune de Terny. Ce barrage, constitué de 17 voutes et 18 contreforts, régularise les eaux de l'Ouest du bassin versant « Nechef » [7]. Les caractéristiques générales du barrage sont présentées dans le tableau 1-3 ci-dessous. L'eau du barrage est traitée par deux stations de

traitements avant qu'elle soit distribuée aux consommateurs : Lalla Setti I et Lalla Setti II [7].

• Barrage Sikkak

Le barrage Sikkak se trouve près du village d'Ain Ouehab, à 1 Km à l'Est du chef lieu de la commune d'Ain Youcef, près de 20 Km au Nord de la ville de Tlemcen. Ce barrage, au départ, a été prévu pour la mise en valeur agricole des plaines d'Hennaya et Fehoul, mais les besoins en eau potable pour le GUT et les villes situées sur le couloir Ain Youcef-Tlemcen ont demandé de transférer une partie du volume régularisé pour renforcer l'AEP de ces dernières [15].

Ayant une capacité de traitement quotidienne de 30 000 m³/j, la station de traitement des eaux du barrage Sikkak va recevoir, également, l'eau dessalée issue de Tafsout. Elle va avoir, donc, une capacité de 350 000 m³/j. La station de pompage, unité constituant le pivot de ce projet aura, après sa réception, à modifier définitivement le programme de distribution d'AEP du Grand Tlemcen qui passera de deux fois par semaine à une distribution quotidienne [10].

Dans le tableau 1-3 suivent nous résumé les principaux caractéristiques de chacun des trois barrages

Tableau 1-3 : Les Barrages exploitables par la zone d'étude [10].

Désignations	Béni-Bahdel	Meffrouche	Sikkak
Capacité (Hm ³)	65	15	28
Superficie du bassin Versant (Km ²)	1 016	90	241
Volume régularisable (Hm ³)	45.51	10.95	25.5
Moyenne quotidien prélevé (m ³ /j)	14 000	6 000	18 000
Date de mise en service	1952	1960	2006

b. Mobilisation de la ressource superficielle

L'histogramme de la figure 1-3 résume les volumes soutirés à partir de chaque barrage. On remarque, que la production provenant des eaux superficielles pour l'alimentation du GUT est presque assurée par les deux Barrages Meffrouche et Sikkak, c'est l'état actuel (après dessalement).

D'autre part, l'écart quant aux volumes fournis par le Barrage Meffrouche et ceux soutiré par la conduite du transfert du Barrage Béni Bahdel est très important, ceci s'explique par le fait que le GUT est essentiellement approvisionné par les eaux des deux barrages Meffrouche et Sikkak, car les eaux de Béni Bahdel sont en grande partie affectées à l'approvisionnement de la ville d'Oran.

En effet, les volumes d'eau soutirés par le barrage Béni Bahdel ont augmentés de 816 679 m³ pour l'année 2008 à 2 409 961 m³ pour l'année 2010. Ainsi, les volumes soutirent par le barrage Meffrouche ne suivent pas un sens de variation unique .Au début, on remarque que le volume soutiré était très faible (l'an 2008). Ensuite, il augmente pour atteindre un volume de 6 360 753 m³ en 2009, et en 2010, ce volume était encore descendu jusqu'à atteindre 5 687 993 m³.

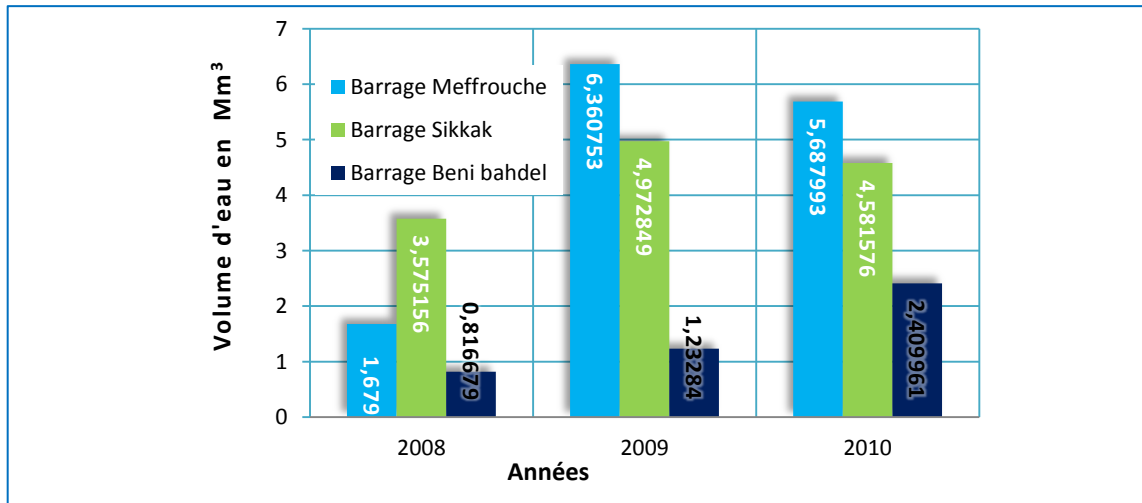


Figure 1-3 : Volumes produits par année par les eaux superficielles [D'après L'ADE].

On observe aussi que le volume soutiré par le barrage Sikkak a dépassé 3 575 156 m³ en 2008 pour atteindre 4 972 849 m³ en 2009, soit une augmentation de 1 397 693 m³. En suite le volume était encore descendu jusqu'au 4 581 576 m³ en 2010. L'affectation des eaux de l'ensemble des barrages (Béni-Bahdel, Sikkak et Meffrouche) est représentée par la figure 1-4 (avant dessalement).

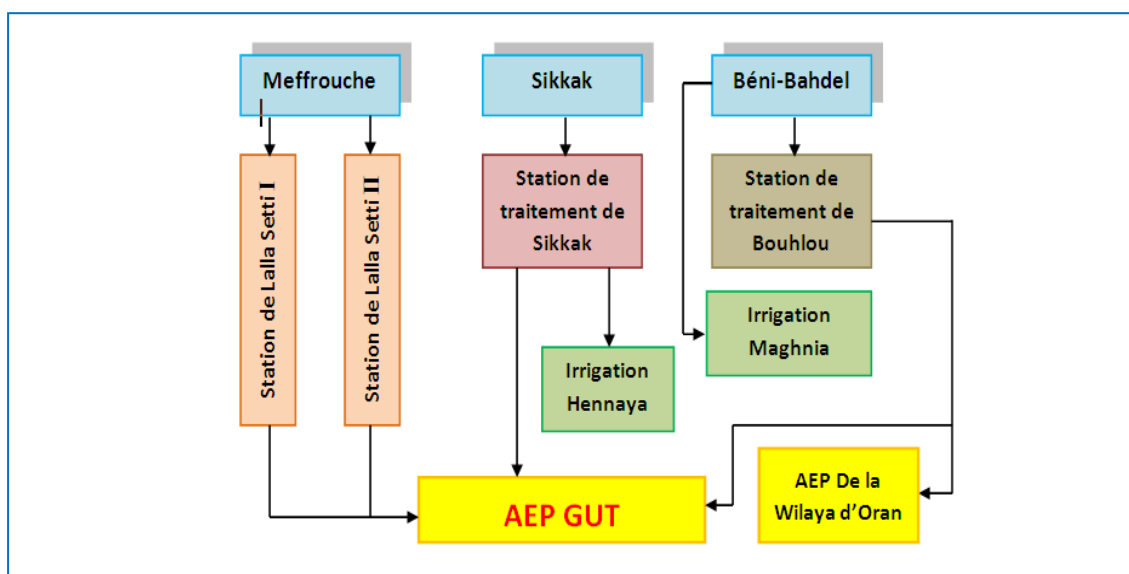


Figure 1-4 : Affectation des eaux des trois barrages (Sikkak, Meffrouche et Béni-Bahdel) avant dessalement [6].

3.4.2. Les eaux souterraines

a. Description générale

Les eaux souterraines représentant une part importante du cycle de l'eau et donc, participant à l'équilibre naturel. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole [7].

Les eaux souterraines du groupement sont représentées par les sources et forages des piémonts Nord de Tlemcen. Ces ressources sont raccordées au réseau alimentant le groupement [7] (figure 1-5).

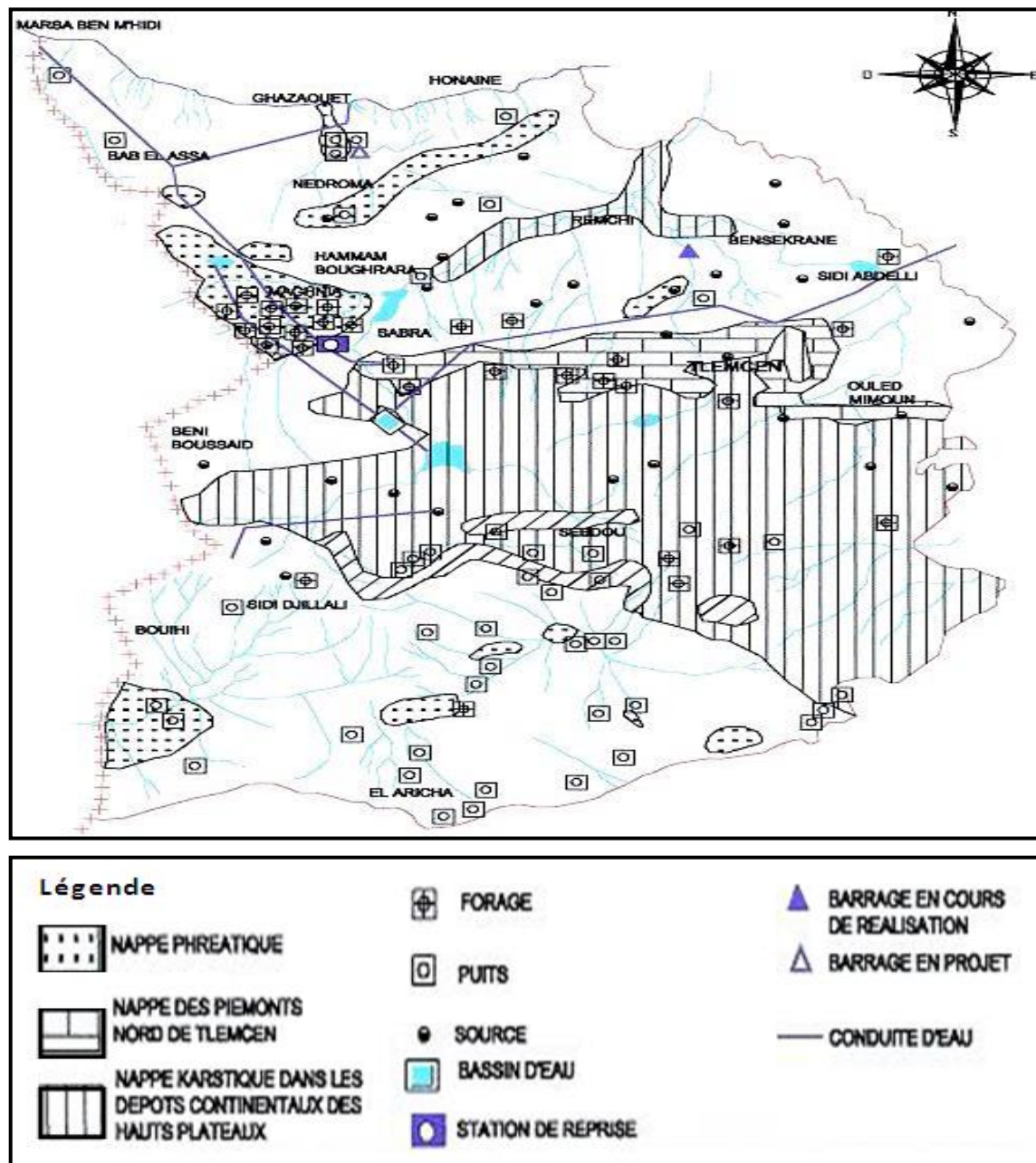


Figure 1-5 : Les ressources en eaux souterraines de la wilaya de Tlemcen [2].

• Les Sources

Trois sources sont actuellement raccordées au réseau d'alimentation en eau potable. Il s'agit de [15] :

- **Ain Fouara supérieure** : Située au Nord-est du plateau de Lalla Setti à environ 2 Km au Sud de l'agglomération de Tlemcen et qui est sur une altitude de 997 m ;
- **Ain Fouara inférieure** : Située à environ 1,5 Km au Nord-est de Ain Fouara supérieure à une altitude de 850 m ;
- **Ain Bendou** : Située à 1,3 Km au Nord-est de Saf Saf à une altitude de 850 m.

• Les forages

En 2000, les services hydrauliques comptaient un nombre total de forages, alimentant le GUT, de seize. En 2006, ils sont passé jusqu'à atteindre les 27 forages (07 mis en service et 02 sont à l'arrêt) [7].

En 2007, un total de 33 forages (06 mis en service et 4 sont à l'arrêt) et pour l'an 2008, 34 forage (01 mis en service et 09 sont à l'arrêt). Au début de l'année 2009, 35 forages (01 mis en service et 13 sont à l'arrêt). En 2010, un total de 35 forages est compté dont 11 sont à l'arrêt [7].

b. Mobilisation de la ressource souterraine

Les volumes fournis par les ressources souterraines pour alimenter le GUT sont regroupés dans le graphe de la figure 1-6. L'analyse de ce dernier nous laisse de dire que les volumes produits par les forages sont plus importants que celles des sources et cela pour toute la série.

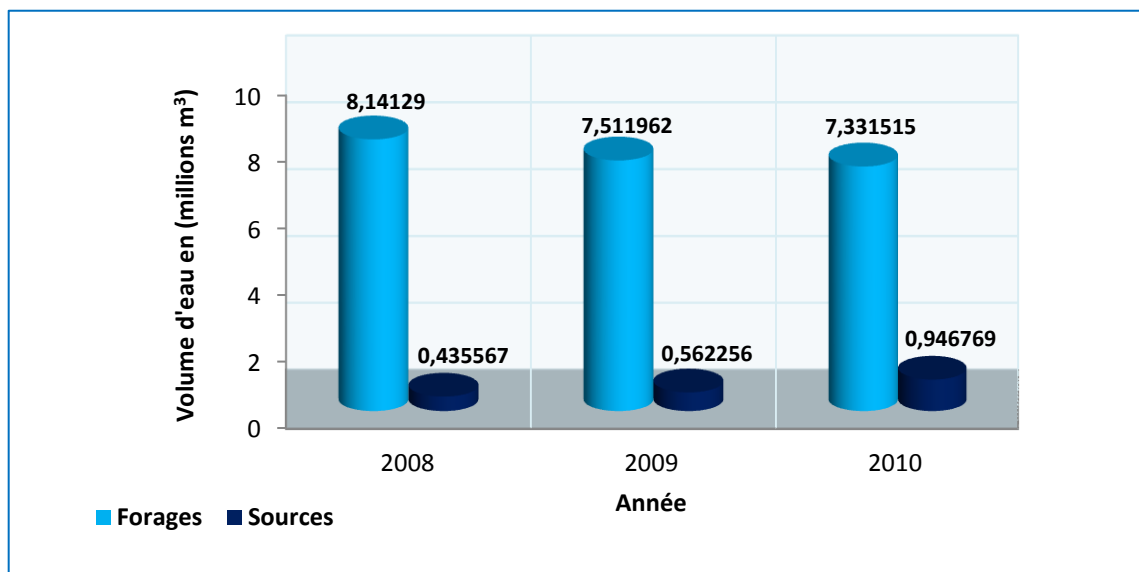


Figure 1-6 : Les volumes annuels produits par les eaux souterraines [D'après l'ADE].

Ainsi, l'analyse de l'histogramme 1-7, nous permet de souligner que les productions des eaux souterraines représentent 40 % de la production malgré le coût élevé de leur réalisation et exploitation, d'autre part, la surexploitation des forages à engendrer la baisse du niveau d'eau des nappes ainsi que les pannes fréquentes et aux coupures d'électricité aux stations de pompages.

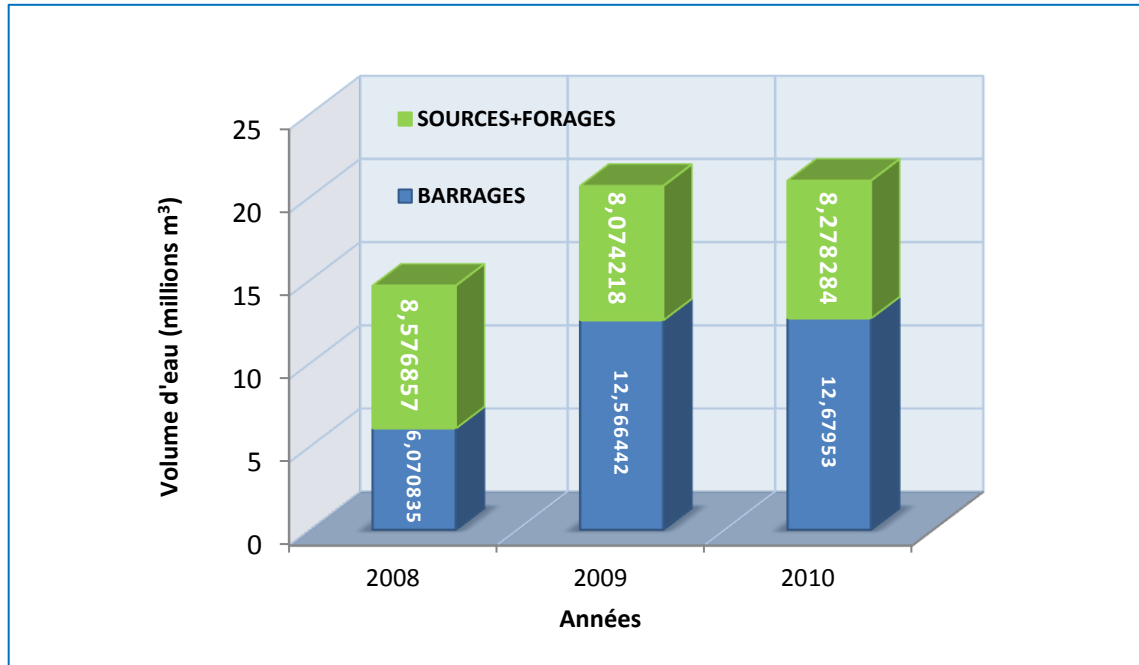


Figure 1-7 : les productions totales des eaux superficielles et souterraines [D'après l'ADE].

3.4.3. Le dessalement de l'eau de mer de la wilaya de Tlemcen

La situation actuelle de l'alimentation en eau et de l'irrigation dans la wilaya de Tlemcen reste difficile : Répartition inégale des ressources et de la distribution, risques majeurs de déficits importants en cas de sécheresse prolongée, irrigation limitée ... Cette situation devrait s'améliorer dans la future grâce aux ressources conventionnelles qui seront mobilisées à partir des nouveaux barrages à construire. Les contraintes rencontrées sont liées à [6] :

- La pluviométrie et son caractère aléatoire ;
- Le déséquilibre existant entre les ressources en eau au niveau de la wilaya ;
- La récurrence du phénomène de la sécheresse dans le temps et l'espace ;
- La pollution et à la qualité des ressources en eau ;
- La surexploitation des eaux souterraines.

En effet, ces contraintes ont conduit les publics à être prudents au regard de toutes ces incertitudes et les ont amené à redéfinir une stratégie d'eau basée sur la nécessité de recourir à une ressources en eau affranchie ces contraintes et en particulier celle du climat (dessalement de l'eau de mer) [6].

Chapitre 1 : Présentation générale de la zone étudiée

Tout ça a été fait dans le but de réguler la distribution et assurer une certaine sécurité dans l'alimentation en eau potable dans la wilaya de Tlemcen avec un approvisionnement en eau régulier et stable à partir des barrages pour le développement de l'irrigation [6].

Pour cela la wilaya de Tlemcen a eu de la chance d'avoir deux grandes stations de dessalement de l'eau de mer, la première au niveau de la daïra de Honaine et la deuxième au niveau de la daïra de Bab Al Assa et exactement au niveau de la commune de Souk Tlata [6].

La situation géographique des deux stations est représentée dans la figure suivante :

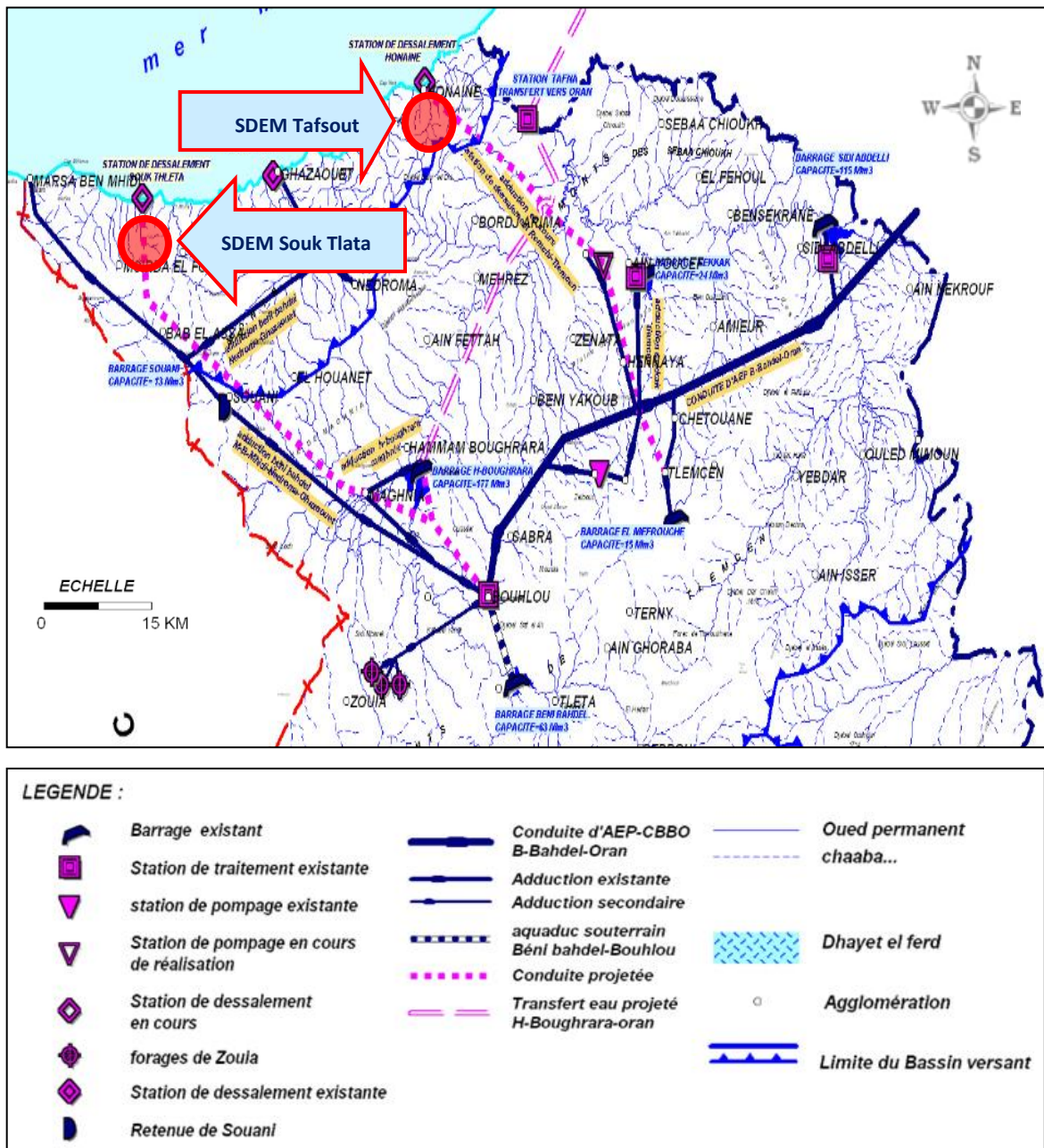


Figure 1-8 : Situation géographique des stations de Souk Tlata et Honaine [DHWT].

Les caractéristiques des deux stations, ainsi que les zones desservies par chacune d'elles, sont représentées dans le tableau 1-4.

Tableau 1-4 : caractéristique des stations de Honnaine et Souk Tlata et les zones desservie par chacune d'elles [D'après la DHWT].

Station	Date de mise en service	Agglomérations desservies
Honnaine 200 000 m ³ /j	Mise en service prévue pour 2009	Tlemcen, Mansourah, Chetouane, Amieur Hannaya, Zenata, Ouled El Mimoun, Ouled Lakhdar, Béni Smail, Ain Tallout, Ain Nahala, Bensekane, Sid Abdelli, Remchi, Ain Youcef, Béni Ouarsous, Sebaa Chioukh, El Fehoul, Fillaoucen, Ain kebira, Ain Fettah, Honnaine, Béni khelled.
Souk Tlata 200 000 m ³ /j	Mise en service prévue pour janvier 2010	Souk Tlata, M'sirda Fouaga, Djebala, H. Boughrara, Béni Boussaid, Sidi Medjahed, Béni Mester, Sabra, Bouhlou, Maghnia, Souahlia, Ouled Riah, Dar Yagmiracen, Souani, Beb Al Assa, Marsat Ben M'hidi, Nedroma, Ghazaouet, Tient.

4. Présentation de la commune de Mansourah

4.1. Situation géographique

D'après la carte ci-dessous, Mansourah est limitée à l'Est et au Nord par la commune de Tlemcen, à l'Ouest par la commune de Béni Mester et au Sud par la commune de Terny, elle connaît une forte concentration de sa population et une extension spatiale de son tissu urbain en raison de sa qualité de commune résidentielle du groupement de Tlemcen.

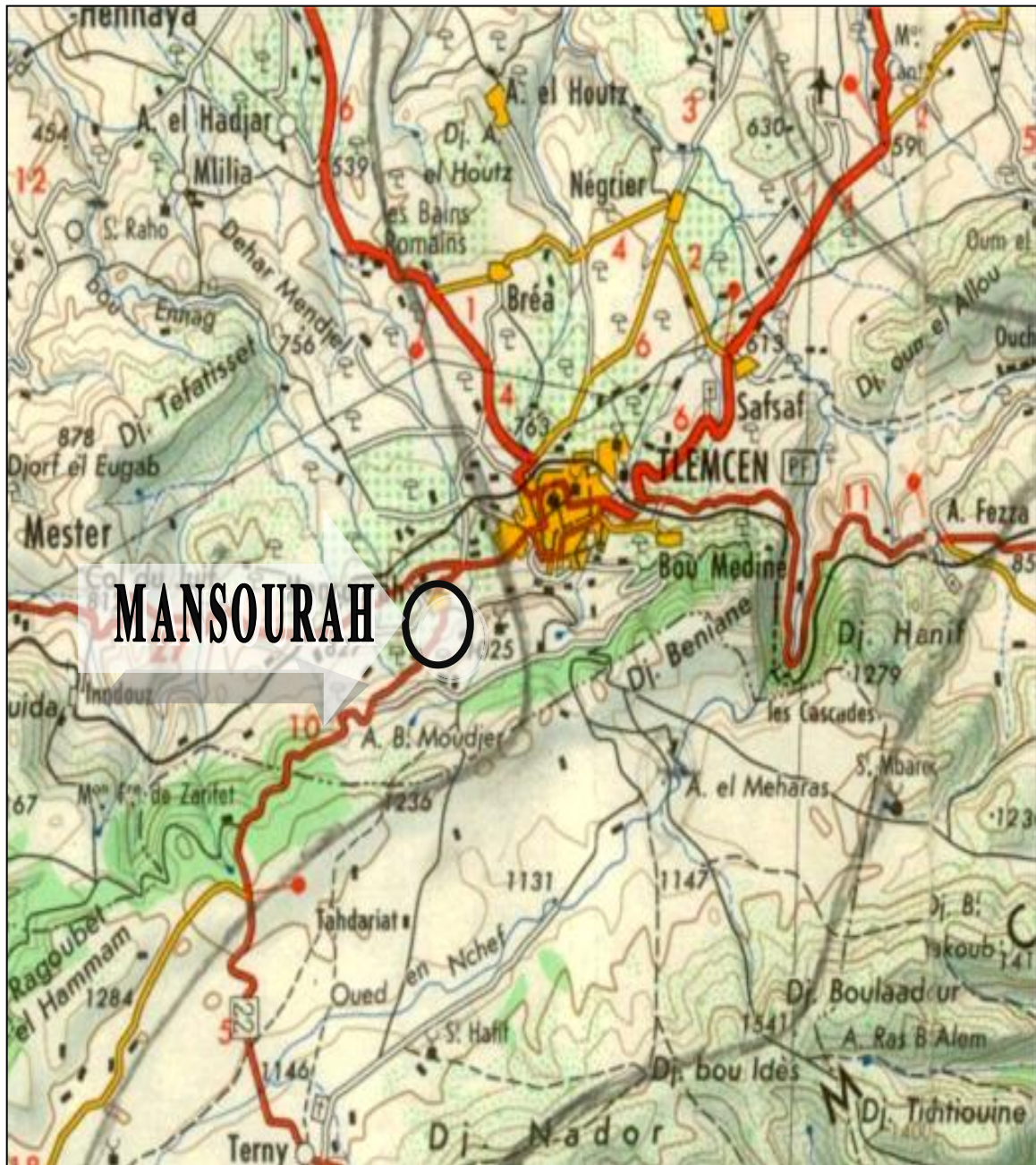


Figure 1-9 : Situation géographique de la commune de Mansourah [4].

4.2. Alimentation en eau potable

La situation des ressources en eau alimentant le GUT est caractérisée, généralement, par une diminution de la capacité aussi bien des barrages que des aquifères utilisés par le passé. Ceci est due à la faible pluviométrie des dernières décennies. Concernant les eaux de surface les volumes régularisés sont sensiblement réduits par rapport au dimensionnement initial des barrages. Ainsi, la plupart des aquifères en exploitation sont déjà surexploités, soit par leur utilisation pour l'AEP, soit par l'utilisation (incontrôlée) en agriculture [1].

En se basant sur ces différentes ressources, le GUT est structuré en trois zones principale, qui elles même se composent chacune de plusieurs sous réseaux. Chaque zone est alimentée par des ressources bien définies avec une concentration de celle-ci sur un nombre bien limité de point d'entrée au système. On peut, alors, distinguer : Une zone haute, une zone moyenne et une zone basse [1]. Les résultats de cette démarche sont montrés au schéma de la figure 1-10 joint ci-après.

Parmi ces trois parties de GUT, le secteur de Mansourah est représenté par la zone moyenne. Cette zone comprend les quartiers et sous-réseaux dont la situation altimétrique nécessite une pression élevée qui correspond au point d'arrivée de ce système de transfert. La hauteur de pompage sera importante pour cette zone pour la partie pompage à partir du BC1 avec une hauteur manométrique autour de 275 m et aussi pour la station de traitement de Sikkak où cette hauteur atteint 683 m [1].

En plus, Mansourah est alimentée en eau potable à partir des deux autres zones (haute et basse) comme la montre le schéma de la figure 1-10 ci-après. En ce qui concerne la partie haute, c'est à partir des deux stations de Lalla Setti que notre commune est desservie, seulement en cas où les eaux de Sikkak et celles de Béni Bahdel ne sont pas suffisantes ou bien en cas de panne. Ainsi, les eaux arrivant du réservoir de la zone industrielle (zone basse) couvrent une partie de ces besoins.

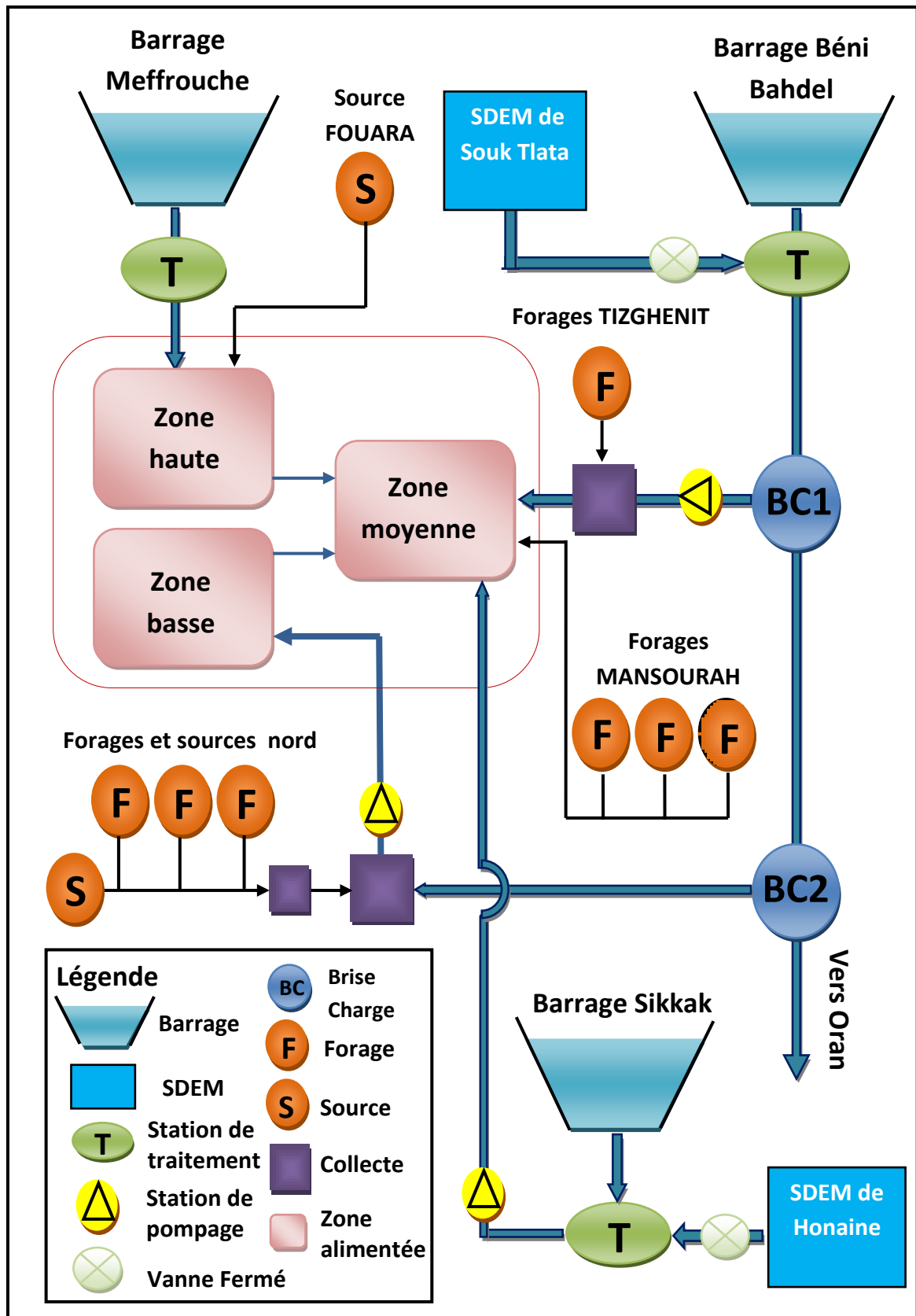


Figure 1-10 : Schéma des grandes adductions du GUT (avant dessalement).

Chapitre 02 :

Etude des besoins en eau

1. Introduction

L'eau est utilisée en milieu urbain d'abord comme élément vital pour les besoins physiologiques, puis comme moyen de lavage, comme solvant pour divers besoins domestique et publics, et enfin comme évacuateur de déchets [8].

Pour une évaluation des besoins en eau des centres urbains il faut opposer nettement les besoins domestiques, propres à l'individu et les besoins publics, correspondant à sa vie en société sans ignorer les besoins des deux secteurs : industriel et commercial [8].

Alors, le but du présent chapitre, dans un premier temps, est d'estimer le volume nécessaire pour alimenter en eau potable toute la population de GUT ainsi que toutes les autres catégories consommatrices d'eau dans la région, pour un scénario alternatif qui traduit les objectifs affichés par la politique nationale de l'eau et le Plan National D'action Environnementale et de Développement Durable et que l'on peut résumer comme suit [6] :

- Maîtrise de la croissance démographique ou du moins de la croissance urbaine ;
- Réduction des pertes d'eau dans les infrastructures hydrauliques ;
- Augmentation de la dotation journalière d'eau d'une année à l'autre ;
- Mise en œuvre d'une tarification dans le but d'économiser l'eau et de fixer son coût réel ;
- Remise en état et prise en charge de la gestion des infrastructures du réseau d'adduction d'eau potable.

En suite, nous allons faire la lumière spécialement sur la partie de la population de GUT qui nous concerne (Mansourah) en essayant de calculer ses besoins en eau ainsi que les comparer avec le total estimé pour l'ensemble des trois communes.

La dernière partie permet d'établir un bilan besoins-ressources. Il s'agit de comparer les résultats obtenus dans le but de déterminer les priorités à se donner pour la suite de l'étude. Ces comparaisons sont faites en considérant la situation actuelle et les différentes situations futures possibles.

2. Consommation en eau potable

L'analyse des volumes d'eau consommés nous permettra de déduire, par la suite, l'efficacité du système d'approvisionnement en eau potable et la déduction des dotations réelles des abonnés.

La consommation en eau d'une agglomération varie fortement en fonction de son niveau de développement économique et urbain, de ses activités économiques dominantes et plus généralement de la modernisation de l'habitat et du niveau de vie atteint par la population. Inversement, la ressource en eau disponible induit aussi le développement économique de la région [8].

Dans le domaine de la consommation, il faut savoir qu'on manque de données fiables pour pouvoir établir des estimations crédibles des besoins et des consommations réelles au niveau des usagers.

2.1. Comptabilisation des eaux distribuées

Le gestionnaire de l'alimentation en eau potable au niveau du GUT (A.D.E) comptabilise les eaux distribuées aux différents abonnés selon deux façons :

- Volumes réellement comptabilisés par relevé des compteurs ;
- Volumes facturés au forfait dans le cas où les abonnés ne disposent pas de compteurs ou que ces derniers sont à l'arrêt.

La somme des deux volumes vaut le volume total facturé aux différents usagers que nous considérons comme étant le volume consommé. Il reste à aviser que ces volumes ne reflètent pas les volumes réellement consommés car :

- Les fuites existent au niveau du réseau ;
- Les compteurs des abonnés comptabilisent en plus des volumes d'eau une quantité d'air. En effet, les réseaux de distribution ne sont pas constamment en charge. Aussi, les réseaux se remplissent-ils souvent d'air évacué par les compteurs des abonnés, ceci du fait que les réseaux ne sont pas dotés de purgeurs.

2.2. Volumes consommés

En générale, la consommation en eau dans le GUT englobe quatre catégories, ce sont :

- **La première catégorie « consommations domestiques » :**

C'est l'eau utilisée dans les résidences, les hôtels et les institutions publiques (hôpitaux, écoles, etc.) pour la préparation des aliments, la boisson, l'hygiène personnelle et les usages domestiques. Elle comprend également l'eau utilisée pour l'arrosage des pelouses et le lavage des voitures.

- **La deuxième catégorie « consommations de service publics » :**

Il s'agit de l'eau utilisée par la ville et pour laquelle celle-ci n'est pas rémunérée. Cette eau est utilisée aux fins suivantes : extinction des incendies, lavage des rues, utilisation dans les édifices publics; bains publics, parcs, espaces verts, usines d'épuration, etc.

- **La troisième catégorie « Consommations des commerçants » :**

C'est l'eau utilisée dans les zones commerciales comme les marchés, les centres de commerce. Généralement, les consommations en eau sont mesurées dans chaque établissement à l'aide de compteurs.

- **La quatrième catégorie « Consommation des industries » :**

La consommation en eau dans les zones industrielles varie considérablement selon les types d'industries qui y sont établies. Il est donc important de fixer une valeur de consommation avec autant de fiabilité que dans les zones résidentielles. La meilleure façon de connaître cette consommation est d'effectuer un relevé des consommations en eau auprès de chaque utilisateur industriel. En absence de données, on peut obtenir une estimation grossière des consommations en eau en s'informant auprès de chaque industrie du volume de sa production industrielle. Cette estimation grossière peut être adoptée dans le cas de zones industrielles où le type d'industrie n'est pas défini.

2.2.1. Pour la totalité du Groupement Urbain de Tlemcen

La priorité est donnée à la satisfaction des besoins domestiques, car le GUT est un lieu résidentiel. La figure 2-1 ci-après nous illustre la variation des volumes consommés ainsi que le nombre d'abonnés par année.

D'après cette figure, on peut remarquer que le nombre d'abonnés de GUT pour cette première catégorie est toujours en croissance (32 462 abonnés pendant l'année 2000, et pour l'année 2007 le nombre d'abonnés enregistré est de 44 026). Par contre les volumes consommés ne suivent pas un régime régulier. On remarque que ces volumes fluctuent d'une année à une autre, par exemple entre les années 2009 et 2010 le volume passe de 6 320 064 m³ à 5 328 232 m³, soit une baisse de 2 791 832 m³ ; par contre entre 2005 et 2006, il passe de 4 256 314 m³ à 5 158 895 m³, soit une augmentation de 902 581 m³.

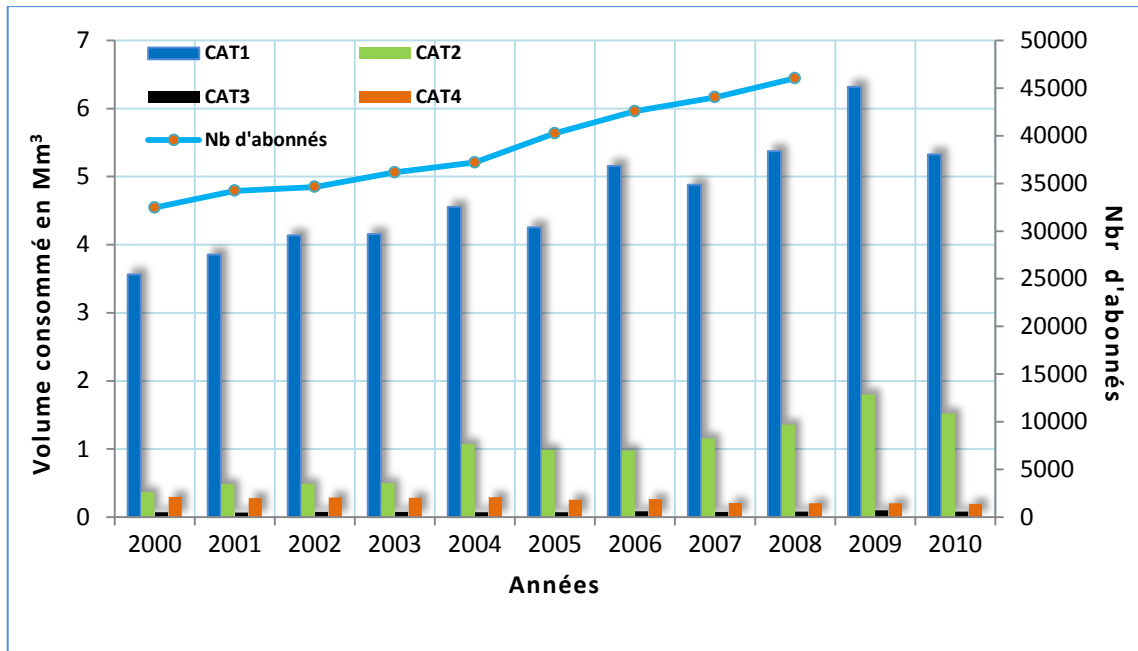


Figure 2-1 : Variations des volumes consommés par les différentes catégories en parallèle à l'évolution du nombre d'abonnés dans le GUT [D'après l'ADE].

En ce qui concerne les installations administratives et publiques (Ecole, Hôpitaux, Casernes,... etc.), les volumes consommés croient d'une année à une autre, à part quelques diminutions qu'on peut remarquer entre les années 2005 et 2006 et aussi en 2010.

Ainsi, la consommation des deux secteurs commerciale et industriel ne suit pas un sens de variation unique. En effet, pour la troisième catégorie le maximum était enregistré en 2009 avec $96\,723\text{ m}^3$ et le minimum en 2001 avec $63\,787\text{ m}^3$, alors que pour la quatrième catégorie le maximum était enregistré en 2000 avec $296\,712\text{ m}^3$ et le minimum en 2010 avec $194\,201\text{ m}^3$.

L'histogramme suivant montré par la figure 2-2, schématise d'une manière plus claire cette répartition de l'approvisionnement en eau potable de l'agglomération du Groupement Urbain de Tlemcen.

L'analyse de cet histogramme permet de dire que pour le GUT, la catégorie domestique est la plus consommatrice d'eau avec une moyenne de 80 % (pour la série considérée). En suite, il y a les services publics avec une moyenne de 13 %, puis, le secteur industriel avec une moyenne de 5% et enfin, la catégorie des commerçants qui représente seulement 1,5 %.

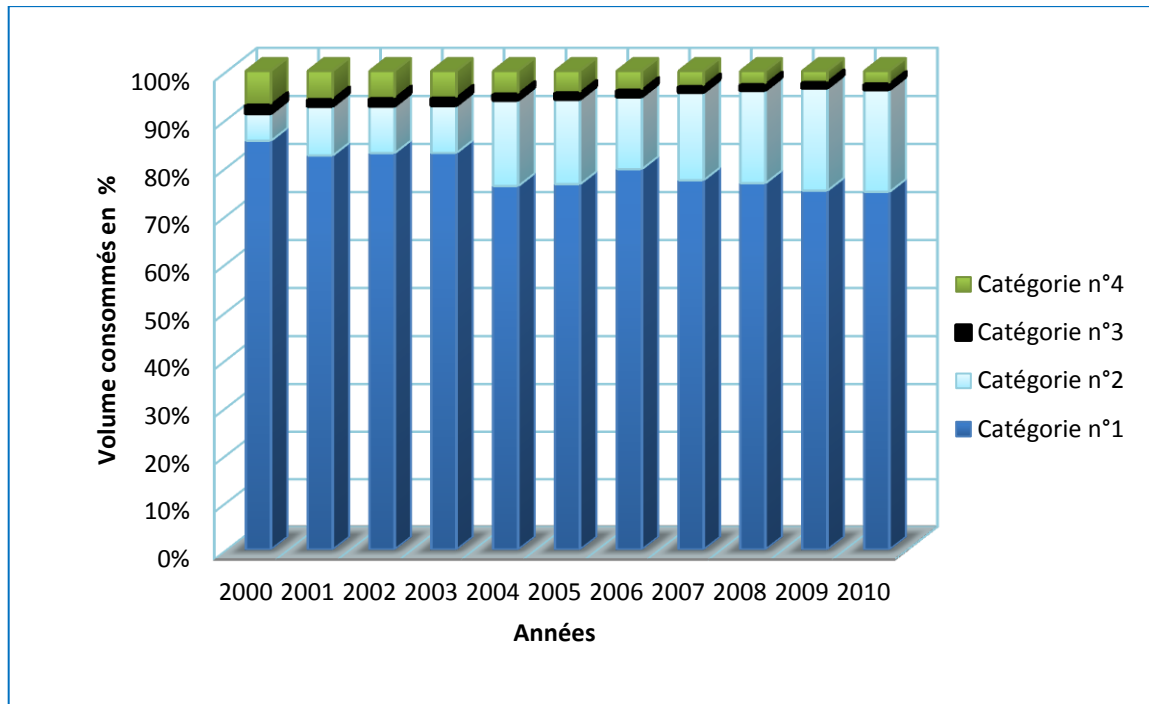


Figure 2-2 : La répartition de l’approvisionnement en eau potable [D’après l’ADE].

2.2.2. Pour la commune de Mansourah

Faisant partie du Groupement Urbain de Tlemcen, Mansourah consomme l’eau presque identiquement comme celui-ci.

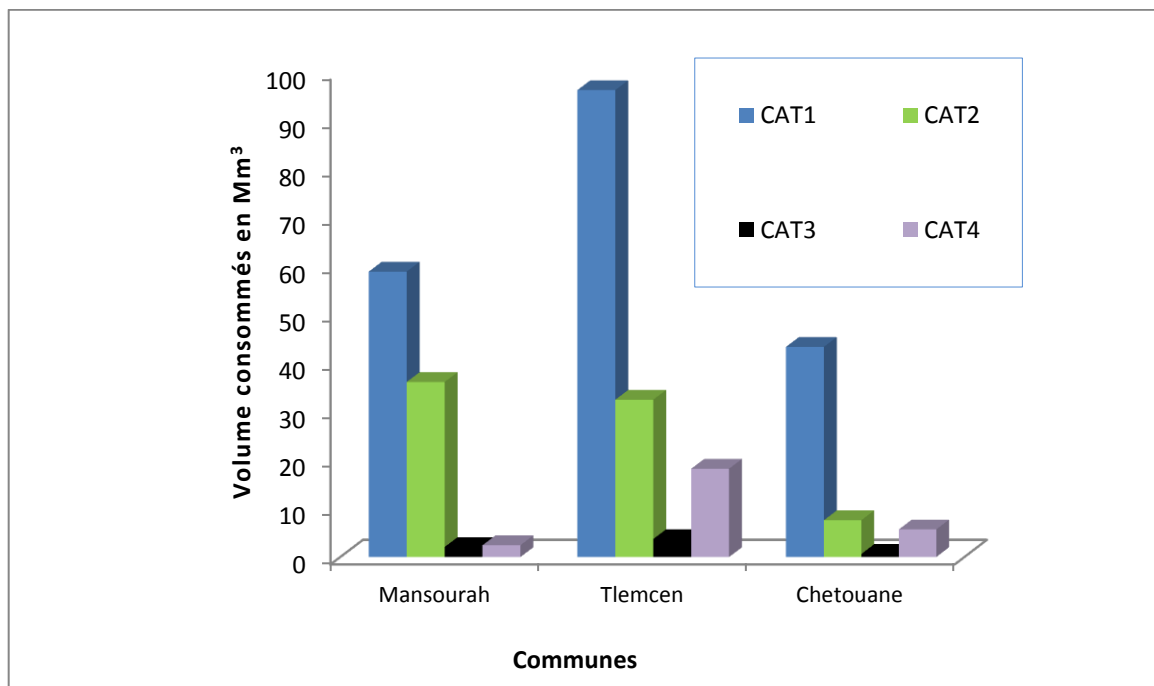


Figure 2-3 : Volumes consommés par catégorie et par secteur pour l’année 2012 (premier trimestre) [D’après l’ADE].

En effet, le volume consommé par la population de cette commune représente la part la plus importante (58,84 %) suivi par le service public (36,04 %), tant que la consommation des deux secteurs, commercial et industriel est presque la même et ne représentent qu'un faible pourcentage d'environ 2 % du total consommé. Toutes ces remarques sont montrées sur les deux figures 2 - 3 et 2 - 4 qui suivent dans lesquelles nous avons investi des données propres à l'année 2012.

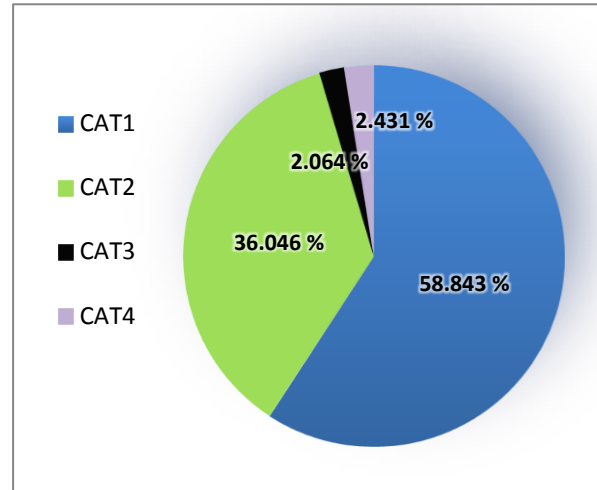


Figure 2-4 : Volumes consommés en % dans le secteur Mansourah par catégorie (2012 1^{er} trimestre) [D'après l'ADE].

2.3. Pertes d'eau et rendements du réseau

Les pertes constituent l'ensemble des volumes produits qui n'ont pas été consommé. Les pertes sont difficiles à déterminer de façon précise. L'ensemble des fuites sur les adductions et le réseau varie suivant le type des tuyaux, leur vétusté, la nature de terrain et la qualité de l'entretien. On considère qu'il est difficile de réduire les pertes à moins de 20 % de la demande journalière [7].

On distingue deux types de pertes [7] :

- Les pertes d'eau sur l'adduction ;
- Les pertes d'eau sur le réseau de distribution.

En ce qui concerne les rendements, on distingue [7] :

- Le rendement primaire : C'est le rapport entre le total produit et le volume mis en distribution.
- Le rendement net : C'est le rapport entre le volume total distribué et le volume total consommé.
- Le rendement global : C'est le rapport entre le volume total produit et le volume total consommé.

2.3.1. Pertes d'eau sur l'adduction et rendement primaire

Ces pertes d'eau sont estimées par la différence entre les volumes produits et les volumes distribués chaque année. Ce qui permet de déterminer le taux des fuites dans le réseau d'adduction [D'après l'ADE]. Nous représentons les pertes d'eau et les rendements primaires dans l'histogramme suivant, voir figure ci-après :

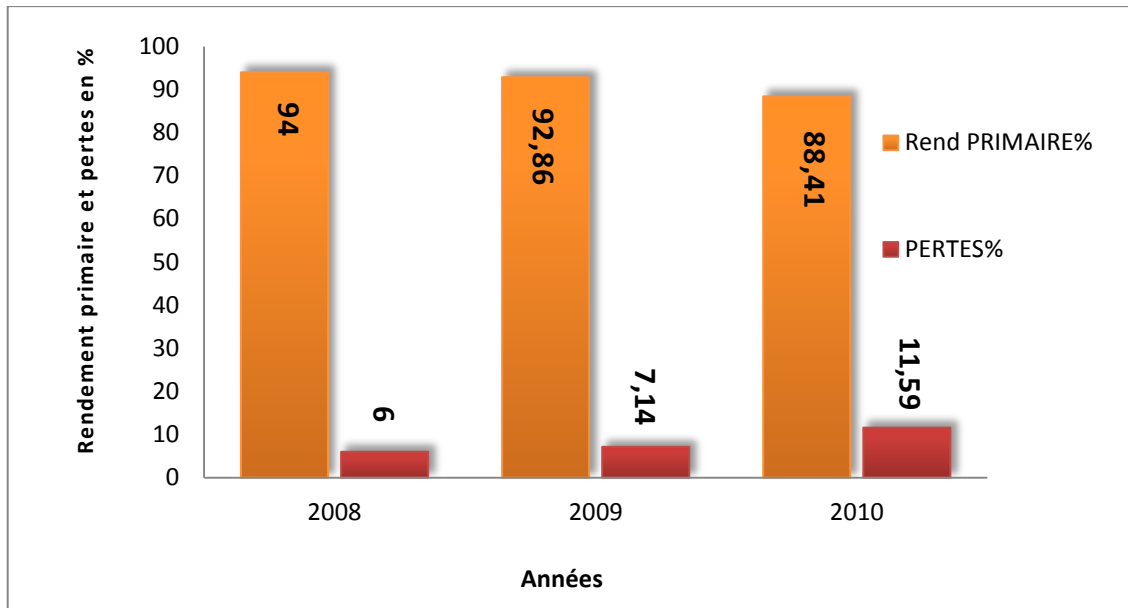


Figure 2-5 : Variation des pertes et du rendement primaire dans le réseau d'adduction de GUT [D'après l'ADE].

Alors, l'histogramme montre que les pertes d'eau dans le réseau d'adduction varient entre 6 et 11,59 %, ceci ne peut s'expliquer que par la vétusté du réseau. Quant aux rendements, ils sont très importants (varient entre 88 et 94 %). Donc, au niveau des adductions, le rendement des conduites d'adduction est acceptable.

2.3.2. Pertes d'eau sur le réseau de distribution et rendement secondaire

Elles sont estimées par la différence entre les volumes distribués et les volumes consommés par les différentes catégories pour chaque année, ce qui permet de déterminer le taux de fuites sur le réseau de distribution du Groupement Urbain de Tlemcen. Nous représentons les pertes d'eau et les rendements secondaires dans l'histogramme suivant, voir la figure ci-après.

L'histogramme montre que les pertes au niveau de la distribution sont énormément fortes et dépassent même les volumes consommés pour toute la série sauf à l'année 2008 où les pertes atteignent son minimum (49,61 %).

En 2010, le taux de fuites a atteint le maximum avec 61 %, ces hausses sont favorisées par le nombre important des pertes au niveau des branchements, en plus de la vétusté du réseau.

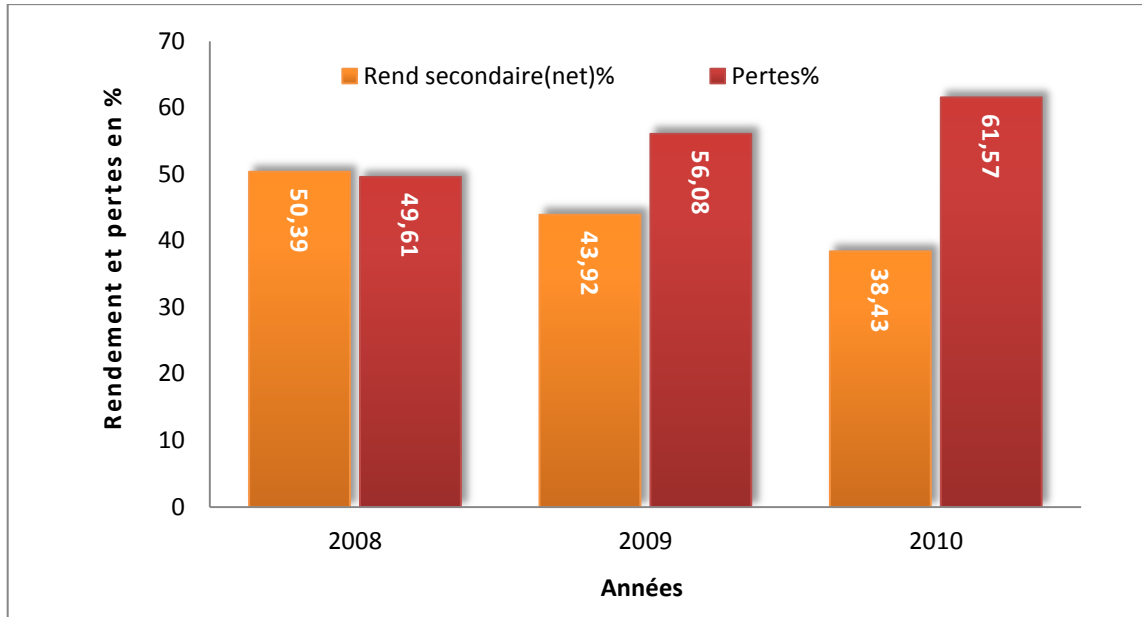


Figure 2-6 : Variation des pertes et du rendement secondaire dans le réseau de distribution de GUT [D’après l’ADE].

2.3.3. Pertes totales et rendements globaux du réseau

Elles sont obtenues en faisant la différence entre les volumes produits et les volumes consommés chaque année, d’où l’estimation des taux de fuites globaux (depuis l’adduction jusqu’aux abonnés). Selon la figure 2-7, on remarque que les pertes dépassent les volumes consommés.

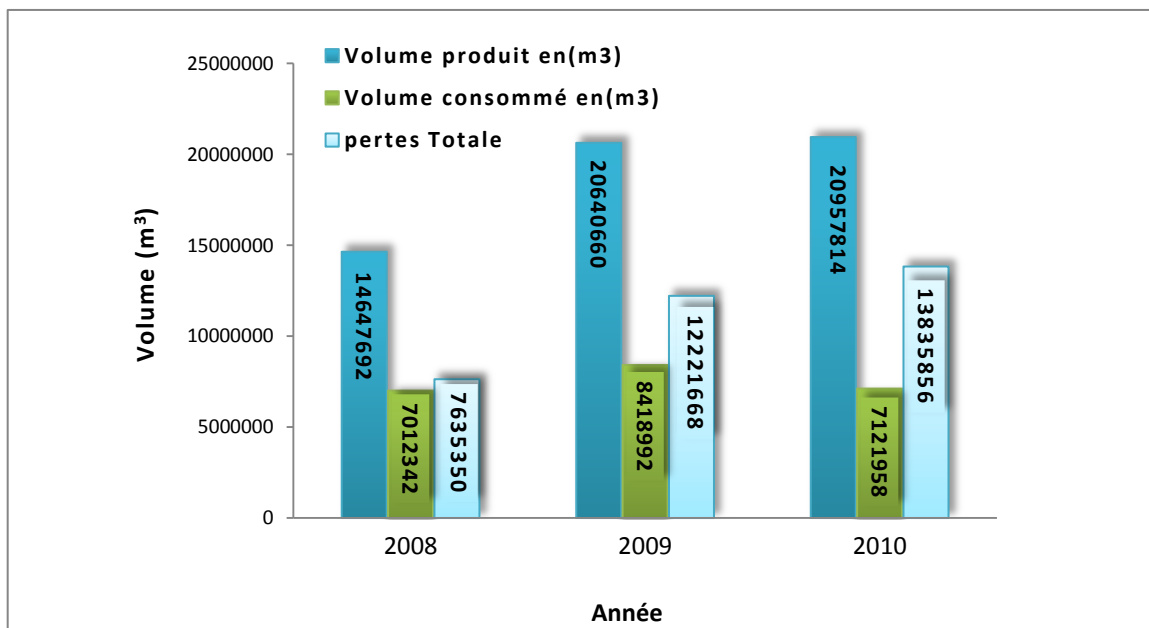


Figure 2-7 : La variation des volumes produits, consommé et des pertes totales [D’après l’ADE].

Ces pertes sont, entre autre, le produit de :

- La précarité, la vétusté et l'absence des systèmes de protection des réseaux d'adduction et de distribution, qui laissent fuir une portion importante de l'eau, à la fois rare et d'une mobilisation très coûteuse et de plus en plus difficile. Il faut évoquer le cas des réseaux plus récents mais dont les opérations de maintenance et d'entretien laissent à désirer. Ces déperditions sont provoquées soit par la mauvaise étanchéité au niveau des branchements des abonnés, soit par les ruptures fréquentes des adductions d'aménagé et des conduites du réseau de distribution.
- Les branchements illicites participent eux aussi d'une manière directe et proportionnelle sur l'évaluation des pertes, qu'il faudrait prendre en considération.
- Il existe une troisième raison, qu'il ne faudrait guère ignorer, qui fait qu'il y a une différence aussi importante entre les volumes produits et les volumes facturés. Cette dernière est engendrée, encore une fois, par la méthode de calcul et d'estimation des volumes produits par les forages, les puits et les sources, adoptée par les techniciens.

3. Estimation de la dotation hydrique

Multiplié par le nombre d'habitant de l'agglomération, la dotation hydrique permet aux services de l'hydraulique de déterminer les quantités d'eau qui seraient nécessaire à satisfaction des besoins de la population quotidiennement [8].

3.1. La dotation théorique

Les techniciens de l'eau font généralement état d'une consommation théorique de 250 litre par jour par habitant. Il s'agit, en fait, simplement d'un quotient global, établi par les experts en matière d'eau dans la ville. Et tenant compte des consommations des établissements public (école, hôpital, etc....) et celle des activités professionnelles et commerciales [8].

Les experts des services de l'eau estiment que selon les normes conventionnelles, un tel quotient convient parfaitement avec les caractéristiques de certaines villes occidentales. Par contre leur extrapolation pour une ville comme Tlemcen ou bien pour une partie de celle-ci comme la commune de Mansourah, risque de fausser les calculs [8], c'est pour cela qu'on doit estimer la dotation réelle de notre population.

3.2. La dotation réelle

La dotation est le volume journalier réellement consommé par chaque habitant. Elle est obtenue en divisant le volume annuel de la première catégorie (domestique) par le nombre de jours par année et par le nombre de la population de l'agglomération étudié [7].

Donc, la dotation réelle enregistrée est donnée par [7] :

$$DOT_{r_n} = \frac{CAT_1 \times 1000}{P_n \times 365} \quad \text{en } l/j/Hab$$

Avec :

DOT_{r_n} : La dotation hydrique réelle pour l'année considérée en l/j/Hab ;

P_n : Population de la région étudiée correspondante à l'an n ;

CAT_1 : Volume consommé par la catégorie domestique pour l'horizon étudié (en m³).

Tableau 2-1 : Résultats du calcul de la dotation hydrique pour le GUT et Mansourah (consulter l'annexe 05 et 06).

	CAT₁ (m³/an)	P₂₀₁₀ (Hab)	DOT₂₀₁₀ (l/j/Hab)
GUT	5328232	247500	58,98
MANSOURAH	1200815	53542	61.45

Finalement, on a trouvé que la dotation assurée par l'ADE de Tlemcen, est d'environ 59 l/j/Hab pour la totalité du GUT tant que, elle est de 62 l/j/Hab pour la commune de Mansourah. Il faut noter, seulement, que ces valeurs ont été évaluées en prenant en compte les fuites et les déperditions sur l'ensemble du réseau de l'agglomération.

L'examen de cette dotation en eau, soit qu'elle est assurée pour le GUT ou bien pour Mansourah seulement, montre qu'elle est largement inférieure aux normes internationales et aux valeurs couramment enregistrées dans des régions similaires d'Afrique du Nord.

Cette situation s'explique par le déficit hydrique et le rationnement qui génère une restriction de la consommation en eau et une modification du comportement de l'abonné. Par conséquent, la dotation réelle, représentée ci-dessus, n'est pas significative et ne peut pas servir comme base de calcul des besoins en eau actuels et même futures.

3.3. Le taux de satisfaction

La situation actuelle du secteur de l'hydraulique de la ville révèle l'insuffisance des volumes d'eau distribués ainsi que l'ampleur des déperditions enregistrées sur l'ensemble du réseau d'alimentation en eau potable. Ce déficit en eau est difficile à gérer, puisqu'il entraîne à la fois une compétition pour eau entre les différents usagers et des arbitrages qui s'avèrent nécessaires, en particulier dans un contexte sociopolitique extrêmement tendu [8].

Alors, le taux de satisfaction est calculé selon la méthode suivante [8] :

$$T_s = \frac{DOT_r}{DOT_{th}} \times 100 \text{ en \%}$$

Tableau 2-2 : Résultats du calcul du taux de satisfaction pour le GUT et Mansourah.

	<i>DOT_{th}</i> (l/j/Hab)	<i>DOT_r</i> (l/j/Hab)	<i>T_s</i> (%)
GUT	250	59	23,6
MANSOURAH	250	62	24,8

On observe, que le taux de satisfaction n'a atteint pas les 100 % pour la totalité du GUT ainsi que pour la commune de Mansourah si l'on prend le cas de l'année 2010. Alors, on note un taux de satisfaction de l'ordre de 23,6 % pour le GUT et une valeur de 24,8 % pour Mansourah.

Avec un tel taux de satisfaction, la moindre des choses qu'on puisse dire, c'est que le Groupement Urbain de Tlemcen souffre énormément du manque d'eau. La deuxième remarque, rejoint l'idée soulevée plus haut, que la dotation théorique, qui est de l'ordre de 250 litre par jour et par habitant, est très élevée par rapport aux besoins réels de l'agglomération de Tlemcen, ce qui fait que les besoins théorique en eau sont surestimés et l'équation « offre/besoin » ne sera jamais atteinte.

Dans le tableau qui suit, on a proposé plusieurs valeurs de dotation en allant de l'an 2011 jusqu'à l'horizon d'étude (2040) où on doit atteindre la dotation théorique prévue pour notre région.

Tableau 2-3 : Proposition de la dotation hydrique et des pertes d'eau.

Horizon	2011	2015	2020	2025	2030	2040
Dotation (l/j/hab)	80	100	120	150	200	250
Pertes (%)	60	35	30	25	20	10

4. Calcul des besoins en eau et des volumes distribués

L'estimation quantitative des besoins domestique et public, peut être menée d'une manière globale, selon des normes préalablement établies et relatives à la demande moyenne journalière en eau par habitant, ou d'une manière plus analytique, en tenant compte des besoins propres à chaque usage [8].

La détermination des besoins en eau est donc une procédure délicate à mener, surtout si l'on tente d'établir des estimations à long terme. Plusieurs critères quantifiables interfèrent et ne permettent pas de chiffrer avec rigueur les besoins, à savoir : le rythme du développement socio-économique, les modifications souvent imprévisibles des processus de fabrication industrielle et leurs répercussions sur l'utilisation de l'eau [8].

Au final, la détermination des besoins en eau est difficile à effectuer surtout au-delà du court terme et les estimations doivent être sans cesse corrigées, car les besoins domestiques, publics, commerciaux et industriels, qui sont sans cesse croissants, et sont soumis à des fluctuations parfois imprévisibles, ceci explique le caractère approximatif des valeurs chiffrées que l'on peut fournir en ce qui concerne les besoins en eau potable domestique, les besoins en eau publiques et commerciales, et les besoins en eau industrielle [8].

4.1. Généralités

4.1.1. Besoins domestiques

Ce sont d'abord les besoins physiologiques du corps humain, qui est constitué d'eau pour les deux tiers ou les trois quarts de son poids. Cette quantité d'eau doit être strictement maintenue sous peine de trouble grave ou à terme de menace de mort.

L'eau potable stricto sensu, exigée par l'homme, ne représente donc qu'un très faible volume : 2 litre par jour sous des climats relativement humide. En milieu chaud et sec, ou en période estivale ces besoins d'eau directement absorbable par l'homme augmentent considérablement et peuvent atteindre jusqu'à un volume de 10 l/j [8].

Il faut joindre à cette eau pour la boisson, l'eau destinée à la préparation des aliments, soit également 1 à 2 litre par jour par personne. Mais les besoins domestiques sont surtout représentés par l'eau destinée à l'hygiène des personnes et de l'habitation, l'arrosage des jardins d'agrément ou potages [8].

Le débit moyen journalier des besoins en eau est donné par la formule :

$$CAT_1 = P_n \cdot DOT_n / 1000 \quad (\text{m}^3/\text{j}) \quad [7]$$

Où :

P_n : Nombre d'habitants à l'horizon considéré ;

DOT_n : La dotation hydrique à l'horizon considéré.

4.1.2. Besoins des services publics

L'eau destinée aux besoins publics comme l'entretien des services publics (administration, écoles, hôpitaux, terrain de sports, hôtels, abattoirs...), le lavage des rues et des espaces verts, l'extinction des incendies, l'entretien des locaux artisanaux et commerciaux [8].

Ces besoins en eau varient considérablement selon l'évolution socio-économique des pays considérés. Ils s'accroissent avec le niveau de vie des individus, mais également avec la taille des collectivités humaines et donc avec le degré de la concentration urbain [8].

4.2. Hypothèses de calcul

D'après les données précédentes de l'alimentation actuel en eau potable au niveau de GUT, et les objectifs du scénario alternatifs qui résume la politique nationale de l'eau et le Plan Nationale D'action Environnementale et Développement Durable, nous avons pu résumer nos hypothèses de calcul des besoins future en eau potable pour les défèrent horizons d'étude dans le tableau qui suit.

Ces hypothèses concernent les différents coefficients de proportionnalité pour la zone d'étude. Ils sont nécessaires, ensuite, pour le calcul des besoins futurs en eau pour les différentes communes de GUT. Pour notre étude on propose des valeurs qui sont proches des résultats trouvées et qui sont, aussi, plus fiables pour la suite des calculs :

Tableau 2-4 : Hypothèses de calcule des besoins futures en eau potable de GUT.

Coefficient	Formule [7]	Résultat en %		Proposition
		GUT	Mansourah	
θ_1	CAT_2 / CAT_1	28	50	0,30
θ_2	CAT_3 / CAT_1	1,51	01	0,05
θ_3	CAT_4 / CAT_1	3,64	0,07	0,10

En désignant par :

θ_1 : Le coefficient de proportionnalité de services publics ;

θ_2 : Le coefficient de proportionnalité de commerçants ;

θ_3 : Le coefficient de proportionnalité de secteur industriel.

4.3. Résultats de calcul

Alors, le calcul détaillé des besoins totaux en eau potable du Groupement Urbain de Tlemcen et de la commune de Mansourah sont représentés dans les deux tableaux qui suivent :

Tableau 2-5 : Calcul des besoins en eau potable pour l'horizon 2040 (GUT).

Volumes (m ³ /j)	Formules	Horizons d'étude					
		2011	2015	2020	2025	2030	2040
CAT ₁	$\frac{DOT \cdot P}{1000}$	20137.60	26977.40	35429.40	48666.90	71598.60	110286.25
CAT ₂	$\theta_1 \cdot CAT_1$	6041.28	8093.22	10628.82	14600.07	21479.58	33085.88
CAT ₃	$\theta_2 \cdot CAT_1$	1006.88	1348.87	1771.47	2433.345	3579.93	5514.3125
CAT ₄	$\theta_3 \cdot CAT_1$	2013.76	2697.74	3542.94	4866.69	7159.86	11028.625
ΣCAT	$\sum_{i=1}^4 CAT_i$	29199,52	39117,23	51372,63	70567,01	103817,97	159915,07
Pertes (ΔV%)	Proposées	60	35	30	25	20	10
Pertes (ΔV)	$\Delta V\% \cdot \Sigma CAT$	17519,71	13691,03	15411,79	17641,75	20763,59	15991,51
Volume distribué	$\Sigma CAT + \Delta V$	46719,23	52808,26	66784,42	88208,76	124581,56	175906,57

Tableau 2-6 : Calcul des besoins en eau potable pour l'horizon 2040 (Mansourah).

Volumes (m ³ /j)	Formules	Horizons d'étude					
		2011	2015	2020	2025	2030	2040
CAT ₁	$\frac{DOT \cdot P}{1000}$	4424,64	6297,90	8889,48	13070,40	20498,80	35452,25
CAT ₂	$\theta_1 \cdot CAT_1$	1327,39	1889,37	2666,84	3921,12	6149,64	10635,68
CAT ₃	$\theta_2 \cdot CAT_1$	221,23	314,89	444,47	653,52	1024,94	1772,61
CAT ₄	$\theta_3 \cdot CAT_1$	442,46	629,79	888,948	1307,04	2049,88	3545,22
ΣCAT	$\sum_{i=1}^4 CAT_i$	6415,73	9131,96	12889,75	18952,08	29723,26	51405,76
Pertes (ΔV%)	Proposées	60	35	30	25	20	10
Pertes (ΔV)	$\Delta V\% \cdot \Sigma CAT$	3849.44	3196.18	3866.92	4738.02	5944.65	5140.58
Volume distribué	$\Sigma CAT + \Delta V$	10265.16	12328.14	16756.67	23690.10	35667.91	56546.34

4.4. Interprétation des résultats

D'après les résultats du tableau 2-5 on remarque que pour assurer une dotation de 80 l/j/hab pour les différentes catégories de consommateurs de GUT en 2011, il faut un volume distribué égale à 46 719,23 m³/j, mais, par conséquence, on aura un volume de perte très important qui égale à 17 519,71 m³/j. Ainsi, on peut dire que pour l'agglomération Tlemcenienne, la priorité est donné à la satisfaction des besoins domestiques, avec près de trois quarts des volumes d'eau distribués.

On peut écrire les mêmes remarques pour le secteur Mansourah, seulement, on doit signaler qu'en 2040 les besoins vont évoluer pour atteindre 51 405,76 m³/j, alors que les pertes vont être de 5 140.58 m³/j, un volume assez important en le comparant avec celui qui est consommé.

L'évolution des besoins totaux en eau potable pour le Groupement Urbain de Tlemcen ainsi que pour le secteur Mansourah pour la période (2011-2040) sont représentées dans les deux figures ci-après, 2-8 et 2-9 respectivement. Alors, on remarque que ces besoins vont augmentées en allant du 2011 jusqu'à arriver à l'an 2040. En parallèle de cette augmentation des besoins, les volumes distribués évoluent avec le même rythme.

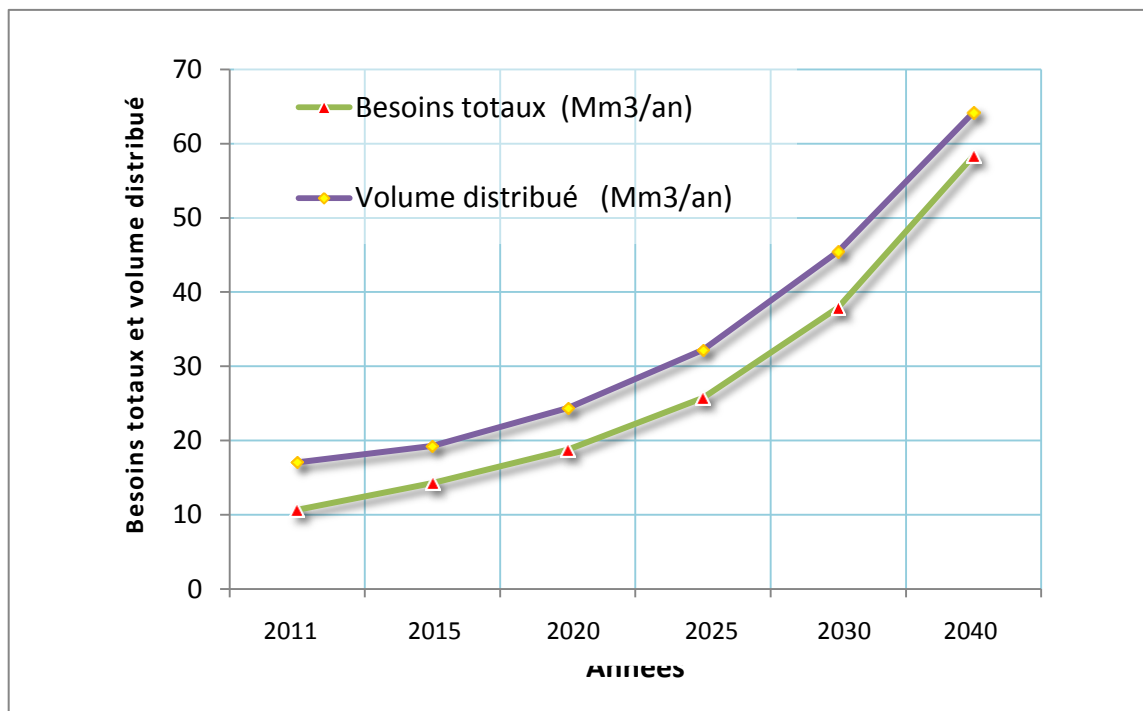


Figure 2-8 : Evolution des besoins totaux en eau potable du GUT (2011-2040).

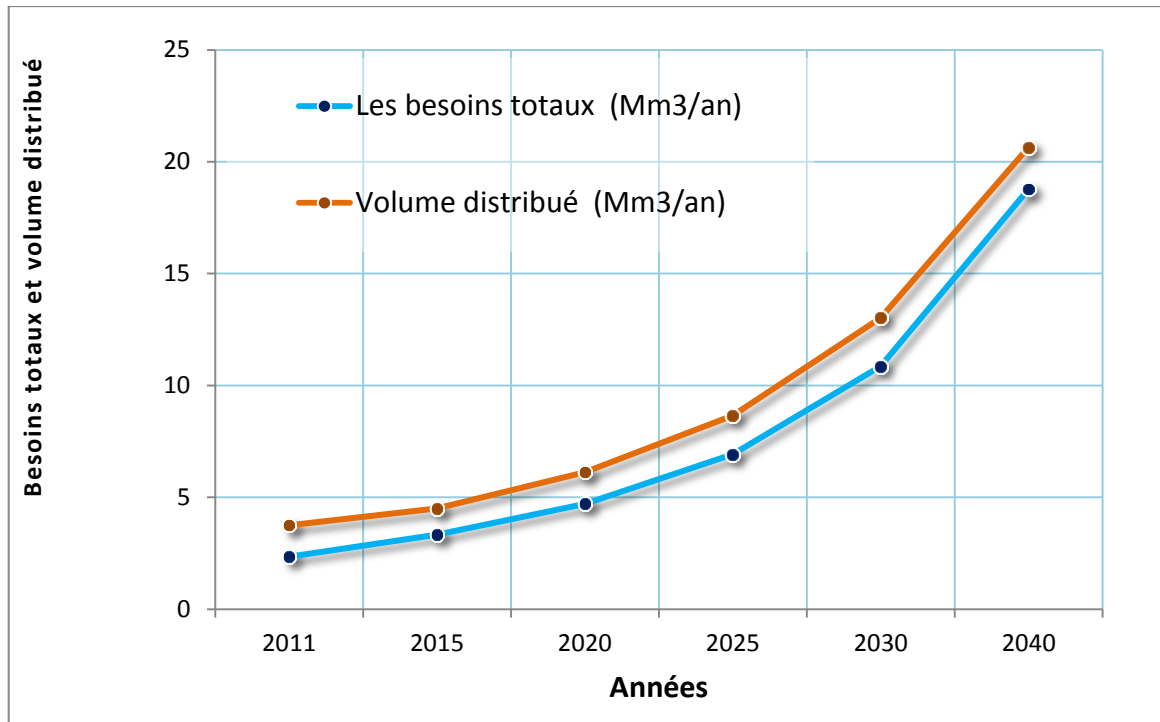


Figure 2-9 : Evolution des besoins totaux en eau potable du secteur Mansourah (2011-2040).

5. Balance Ressources-Besoins futurs

Pour voir l'ampleur du déficit hydrique dans la région pour les horizons étudiés, on va essayer d'analyser l'équation offre-demande en se basant sur la production actuelle (20,96 Mm³ pour le GUT et 10,57 Mm³ pour Mansourah) et sur le taux de fuites réel enregistré en 2010 qui est de 13,84 Mm³ pour le GUT et de 6.98 Mm³ pour Mansourah et en même temps faire une comparaison avec les cas où le taux de fuite serait de 20 % à 10 %.

Les différentes estimations des besoins en eau effectuées pour les échéances futures montrent les déficits mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-7 : Balance ressources-besoin futurs en eau pour plusieurs DOT (GUT).

Année	2010	2011	2015	2020	2025	2030	2040
Dotations (l/j/hab)	59	80	100	120	150	200	250
Production (Mm ³ /an)	20,96	20,96	20,96	20,96	20,96	20,96	20,96
Besoins (Mm ³ /an)	7.121	10,66	14,28	18,75	25,76	37,89	58,37
Pertes (%)	66,02	60	35	30	25	20	10
Pertes (Mm ³ /an)	13.83	12.58	7.34	6.29	5.24	4.19	2.10
Déficit/surplus (Mm ³ /an)	0.006	-2.27	-0.65	-4.08	-10.04	-21.13	- 39.50
Pertes réelles (Mm ³ /an)	13.83	13,83	13,83	13,83	13,83	13,83	13,83
Déficit/surplus (Mm ³ /an)	0.006	- 3,53	- 7,15	- 11,62	- 18,63	- 30,77	- 51,24

Tableau 2-8 : Balance ressources-besoin futurs en eau pour plusieurs dotations (Mansourah).

Année	2010	2011	2015	2020	2025	2030	2040
Dotations (l/j/hab)	62	80	100	120	150	200	250
Production (Mm ³ /an)	10,57	10,57	10,57	10,57	10,57	10,57	10,57
Besoins (Mm ³ /an)	1.82	2.34	3.33	4.70	6.92	10.85	18.76
Pertes (%)	66,02	60	35	30	25	20	10
Pertes (Mm ³ /an)	6.98	6.34	7.34	6.29	5.24	4.19	2.10
Déficit/surplus (Mm ³ /an)	1.77	1.89	-0.10	-0.42	-1.59	-4.47	-10.29
Pertes réelles (Mm ³ /an)	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98
Déficit/surplus (Mm ³ /an)	1.77	1.25	0.26	-1.11	-3.33	-7.26	-15.17

D'après les résultats obtenus dans le tableau 2-7 ci-dessus, le volume d'eau disponible pour la totalité de GUT n'est que $20,96 \text{ Mm}^3$ (à la fin de l'année 2010), soit l'équivalent de $57416,44 \text{ m}^3/\text{j}$. Si on considère le taux de fuite réel 60 %, la demande en eau pour assurer une dotation de 80 l/j/hab est de l'ordre de $10,66 \text{ Mm}^3$. D'où le déficit est de l'ordre de $3,53 \text{ Mm}^3$. Ce déficit affecte considérablement la distribution et l'alimentation en eau potable de la ville. Par contre, si on réduit les pertes à 60 % on reçoit un déficit de l'ordre de $2,27 \text{ Mm}^3$.

De même, pour le secteur Mansourah (tableau 2-8), le volume d'eau disponible à la fin de l'an 2010 est de $10,57 \text{ Mm}^3$ ($28\,958,90 \text{ m}^3/\text{j}$). Alors, pour un taux de fuite réel de 60 %, la demande en eau pour assurer une dotation de 80 l/j/hab est de l'ordre de $2,34 \text{ Mm}^3$. D'où le déficit est de l'ordre de $-1,25 \text{ Mm}^3$. Par contre, si on réduit les pertes à 60 % on reçoit un déficit de l'ordre de $-1,89 \text{ Mm}^3$.

Finalement, si on prend en considération le taux de fuite réel, la demande en eau à l'horizon 2040 pour une dotation de 250 l/j/hab est de $58,37 \text{ Mm}^3$ pour le GUT et le déficit est de l'ordre de $51,24 \text{ Mm}^3$, par contre pour 10 % des pertes on reçoit un déficit moins important ($39,51 \text{ Mm}^3$).

Ainsi, la demande en eau pour le secteur Mansourah à l'horizon 2040, pour la même dotation, est de $58,37 \text{ Mm}^3$ pour le GUT et de 18.76 et le déficit est de l'ordre de $51,24 \text{ Mm}^3$, tant que pour 10 % de perte on reçoit un déficit de $10,29 \text{ Mm}^3$.

6. Conclusion

La croissance du nombre d'abonnés et l'augmentation rapide de la population Tlemcenienne, engendre une progression de la demande globale en eau avec une vitesse vertigineuse d'une année à l'autre, alors que les volumes d'eau distribués (volume produits) pour l'ensemble des usagers, augmente avec une maigre voir aucune progression. Des fois, on enregistre même des régressions, malgré les lourds investissements consentis pour la mobilisation de nouveaux ouvrages hydrauliques pour produire le plus d'eau possible.

En effet, les déficits enregistrés posent de plus en plus des sérieux problèmes, d'ici à l'année 2040, ils vont être très importants au point qu'il faudra mobiliser, un peu plus de cinq fois, le volume produit actuellement. Devant cette situation et pour satisfaire les besoins en eau dans de GUT, nous serons dans l'origine de prévoir mobiliser d'autres ressources en eau, et là, le dessalement des eaux de mer vient comme une solution intéressante pour couvrir ce déficit ou au moins le minimiser.

Les gestionnaires doivent trouver des solutions adéquates, afin de résoudre la totalité des problèmes liés à l'eau, et en priorité la satisfaction de leurs abonnés. Toute à fait, des investissements ont été consentis, par la réalisation d'un certain nombre d'équipements et l'installation d'une entreprise de production et de gestion de l'eau, dans la perspective d'un fonctionnement du secteur hydraulique sur les principes de la régulation par le marché.

Mais, la pénurie reste de rigueur. Elle est, d'une certaine manière, substantielle, puisqu'elle est en même temps pénurie de matériaux, de compétences, et absence de débat démocratique. On peut même faire l'hypothèse que plus on équipe, plus on installe, plus on gaspille, et plus on manque d'eau. Nous en rappellerons ici quelques raisons de cet état, fondées sur ce qui se passe dans l'agglomération de Tlemcen :

- ◆ Des quantités d'eau produites sont acheminées vers Oran et Ain Témouchent.
- ◆ Des quantités d'eau se perdent du fait de la mauvaise étanchéité du réseau (même sur des tronçons récents).
- ◆ De nombreuses pannes surviennent, ici ou là, dans le système qui ne permet pas d'extraire ou d'acheminer l'eau.
- ◆ Des données très peu fiables, du fait des surestimations ou des sous-estimations des volumes produits, distribués et facturés.

Certes, le décalage de l'offre et de la demande en eau, le déséquilibre entre les ressources et les besoins, existent, mais en réalité, les mécanismes responsables de ce dérèglement sont multiples. Ils ne sont pas simplement le produit d'une rareté physique de la ressource.

La situation est d'autant plus grave que les données du tableau ci-dessous, montrent l'envergure et l'importance des volumes perdus dans la nature à cause des fuites recensées dans la ville. Des taux de fuites de cette importance, dans le réseau de distribution, entraînent une diminution considérable des volumes d'eau destinés à la consommation des différentes catégories d'usagers et donc, de ce fait, les volumes distribués sont inférieurs aux volumes produits et donc encore plus faibles que les besoins en eau de la population.

Ces pertes sont lourdes en conséquence sur la satisfaction des besoins dans une région où les conflits d'utilisations sont importants. Elles entraînent une diminution considérable des volumes distribués aux différentes catégories d'utilisateurs et donc influencent fortement la consommation en eau.

Il faut dire aussi, que les services concernés ne restent pas indifférent devant cette situation sans rien faire, car on voit de temps à autre des agents de l'ADE, qui essaient de raccommoder la rupture d'une conduite, sauf que cette opération n'intervient qu'une fois que les fuites ont fait des dégâts inestimables.

Ces efforts, plus au moins considérables vue le malaise du secteur hydraulique, risque d'être peu efficaces, car les actions entreprises par le service chargé de la maintenance du réseau sont déficientes : son personnel est en nombre insuffisant, peu compétent et dépourvu de moyens et de techniques modernes.

Chapitre 03 :
Diagnostic
du réseau d'adduction d'eau potable
de Mansourah

1. Introduction

Ce chapitre présente les résultats d'analyse du réseau d'AEP qui couvre la partie moyenne du groupement urbain de Tlemcen (commune de Mansourah) et se concentre sur les aspects purement techniques. Dans cette optique une étude de diagnostic du fonctionnement des installations de ce réseau est effectuée la chose qui va permettre d'identifier les insuffisances hydrauliques qu'on doit combler pour assurer la desserte en eau des abonnés de manière satisfaisante.

Cette étape cruciale de l'étude permettra de construire les prémisses d'une vision « des futurs possibles » et de dégager les grandes orientations en matière de rattrapage et de mise à niveau du réseau. Cette objectif nécessite de disposer d'un model hydraulique du réseau et de simuler ensuite son fonctionnement. La simulation est faite à l'aide du logiciel Epanet.

2. Collecte de données

Comme première étape on a procédé aux collectes des données du réseau dans la commune de Mansourah, en visitant chaque ouvrage et en récupérant les données nécessaires relevées du site. Le but est d'avoir une connaissance approfondie de ces derniers, de dégager les points positifs et négatifs et de compléter et mettre à jour les informations.

Dans le but déterminé ci-dessus, on a trouvé obligatoire de commencer par une présentation du patrimoine d'AEP de la dite commune puis le détail du fonctionnement du réseau d'adduction. Ce travail passe par la connaissance des ouvrages du réseau ainsi que des volumes produits, mis en distribution, consommés et perdus qu'on a estimé dans le chapitre précédent. Il a pu être effectué.

Il est nécessaire aussi de rassembler une énorme quantité de données sur le réseau. Plusieurs sources sont normalement disponibles, notamment : l'ADE, la DHWT et le CTH.

Pour faciliter notre mission, les données disponibles ont été traitées et analysées. Celles-ci concernent :

- Les comptes rendus annuels d'exploitation (2000 jusqu'à 2010) ;
- Les volumes facturés sur la base du listing des abonnés et les volumes produits ainsi que distribué (2000-2010) ;
- La carte topographique de Tlemcen (1/50000) ;

Notons que certaines valeurs de débit n'ont pu être déterminées en raison de compteurs manquants ou défectueux au niveau de quelques réservoirs.

3. Description du réseau d'adduction

Comme synthèse, on peut résumer que le nombre d'ouvrage total dans le territoire de Mansourah s'élève à 42, et comprend : Les forages, les usines de production d'eau potable (stations de traitements et de dessalement), les stations de pompage et les réservoirs et bâches d'eau.

Repartis en 4 catégories, ces ouvrages d'AEP sont décrits en ce qui suit

3.1. Ouvrages de production

En ce qui concerne les ouvrages de production, les informations et les différentes caractéristiques sont illustrées dans le premier chapitre. On distingue deux types de ressources.

Pour les ressources souterraines, on ne trouve que des forages. A part les 10 qui sont à l'arrêt, 07 sont exploités et sont répartis sur la totalité du secteur [D'après l'ADE]. Dans leur ensemble, ils sont bien équipés, bien protégés et ne connaissent comme problème que celui de la corrosion d'équipements (pompes, conduites, vannes). Dans le tableau 3-1, on résume la totalité de ces ressources.

Tableau 3-1 : Les forages alimentant Mansourah (caractéristiques d'équipements) [Source ADE].

Forage	Débit (m ³ /h)	HMT (m)	PM (kW)
Forage Hôpital	21-33	101-56	9,2
Forage Béni Boublène 2	28,8-90	84-246	45
Forage Bouhanak	54	150	45
Forage SP3	48	140	18,5
Forage F1 Béni Mester	36	155	45
Forage F2 Béni Mester	30	155	55
Forage F3 Béni Mester	72	240	55
Forage F5 Béni Mester	72	240	66
Forage F6 Béni Mester	72-79	231-223	59
Forage SP2 Béni Mester	72	160	59

D'autre part, on a de la ressource superficielle qui est représentée par des barrages alimentant la commune ; soit directement (Sikkak et Béni Bahdel) ou bien à partir des autres secteurs (Meffrouche) dans des cas très rares.

Parmi les trois barrages, seulement Sikkak connaît un problème. On parle ici de la pollution issue de l'agglomération de Tlemcen (rejetée directement dans l'oued ou bien après épuration).

3.2. Ouvrages de traitement

Concernant les captages d'eaux souterraines, l'eau est acheminée directement vers les ouvrages de stockage (réservoirs). Par contre, l'eau issue des barrages doit obligatoirement subir un certain traitement. C'est au niveau des quatre stations de traitement (voir chapitre 01). Photo 3-1 donne un aperçu sur les quatre stations.



Photo 3-1 : Différentes stations de traitement dans le GUT [Photos prises par BOUMEDIENE A., 2009-2012].

A l'arrivée de l'ouvrage de stockage, un autre traitement est appliqué. En effet, une désinfection est réalisée sur l'ensemble des réservoirs par injection du chlore. C'est un simple traitement qui sert à donner à l'eau une bonne qualité conformément aux normes de potabilité prises en compte en Algérie.

Mais, malheureusement ces normes ne sont pas respectées chez nous, dans la plus par des cas, l'absence des pompes doseuses et/ou le mauvais réglage dans les cas où elles existent sont les principales causes (Photo 3-2, Photo 3-3).

On doit signaler ici que la chloration est appliquée presque pour tous les réservoirs par des simples fonteniers qui n'ont pas formé pour ce type de travail.

D'autre part, l'eau peut arriver au réservoir surdosée en chlore, c'est à cause des stations de traitement qui utilisent le chlore par des quantités plus importantes qu'on le doit.



Photo 3-2 : Petite citerne de préparation du chlore (utilisé au niveau des réservoirs Mansourah).



Photo 3-3 : Pompe doseuse pour introduire le chlore dans le réservoir de Mansourah 3 (5000 m³).

[Photo prise par BOUMEDIENE A., 2012]

3.3. Ouvrages de dessalement

Dans cette partie, on va décrire les deux stations de dessalement existantes mais dans un contexte plus large. Les photos 3-4 et 3-5 montrent une vue générale des deux SDEM de *Souk Tlata et de Honaine*.

Concernant la SDEM de Souk Tlata, elle est actuellement en bon état de fonctionnement permettant de produire un débit de 200 000 m³/j. Alors, le Groupement Urbain de Tlemcen reçoit, actuellement, 20 000 m³/j pompé au niveau du brise charge BC1 [D'après l'ADE].

Cette quantité insuffisante pour satisfaire les besoins des Tlemcenien qui ne cessent d'augmenter. En vue de cette situation, ce débit doit atteindre les 50 000 m³/j dans le prochain futur, après un ajout d'une autre quantité produite dans la station de dessalement de Honaine [D'après l'ADE].

En effet, la station de Honaine, qu'elle n'est pas encore fonctionnelle, a une capacité de production de 200 000 m³/j. Il faut dire, pourtant, qu'elle doit assurer un autre débit de 70 000 m³/j issu à partir de la chaîne de Sikkak. L'augmentation de débit au niveau des deux chaînes (Béni Mester et Sikkak) demande, bien sur, un certain changement en ce qui concerne les stations de pompage, les conduites, les réservoirs [D'après l'ADE].



Photo 3-4 : Station de dessalement d'eau de mer de Souk Tlata.



Photo 3-5 : Station de dessalement d'eau de mer de Honaine.

[Photos prises par BOUMEDIENE A., 2011]

3.4. Caractérisation des conduites

Le système d'adduction étudié comprend les conduites (par gravité ou par refoulement) suivantes :

- Conduites qui amènent l'eau vers les points d'entrée au système.
- Conduites qui desservent les réservoirs à partir des points d'entrée.
- Conduites de transfert entre les zones principales.

L'adduction est constituée en grande partie par des conduites en fonte. Les diamètres installés varient jusqu'à atteindre 1 100 mm au niveau de la BBO (béton près contraint), c'est le plus grand diamètre qu'on peut rencontrer. Les derniers ouvrages envisagent surtout la rénovation en utilisant des conduites en fonte, acier galvanisé ou bien en PEHD.

3.5. Installation de pompage

Le relief de la région étudiée est assez marqué, avec de nombreuses collines. Ceci implique l'utilisation de 09 stations de pompage réalisées au niveau de l'adduction et permettant à l'eau d'atteindre les points désirés avec une pression et un débit suffisant.

Dans les figures qui suivent nous avons montré quelques stations, leurs principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau 3-2.



Photo 3-6 : Stations de pompage SP1 de Sikkak.



Photo 3-7 : Stations de pompage SP3 de Béni Boublène.



Photo 3-8 : Stations de pompage SP Boudjmil.

[Photos prises par BOUMEDIENE A., 2012]

Tableau 3-2 : Caractéristiques des stations de pompes du secteur Mansourah [D'après l'ADE].

Chaîne	Station	Débit (m ³ /h)	HMT (m)	Puissance (KW)
Chaîne de Béni Mester	Sp1	(450-478,8)	(138-150)	315
	SP2	(450-518)	(126-150)	315
	SP3	(378-450)	(150-160)	315
		360	80	315
	SP4	180	80	75
	SP Boudjmil	298 ,8	100	132
Chaîne de Sikkak	SP1	800	214	800
	SP2	746	217	750
	SP3	655	254	650
	SP4 (Projeté)	246	246	232

3.6. Les réservoirs de stockage

Le stockage et la mise en charge de l'eau sont assurés au niveau de GUT par 39 réservoirs d'une capacité totale de 55 400 m³ dont 4 680 m³ sont réservées à la défense contre l'incendie. Parmi ces réservoirs, seulement 13 s'appartiennent au secteur Mansourah, ils totalisent une capacité de stockage qui atteint les 29 300 m³. Ces réservoirs sont tous semi enterrés et constitués d'une seule cuve. Les principaux réservoirs du secteur sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3-3 : Caractéristiques des réservoirs du secteur Mansourah [D'après l'ADE].

Réservoir	Capacité	Date de mise en œuvre
Petit Mansoura	100	1954
Boudjmil	2 × 2000	-
Cherbel 1	3000	1978
Cherbel 2	3000	1978
Kbassa (Tombeau du Rabb)	2 × 2000	-
Nouveau Mansourah	5000	2006
Mansourah	2 × 2000	1974
Tampon	2 × 3000	-
Béni Boublène	200	1988

Dans cette partie, nous avons trouvé nécessaire de mettre la lumière sur les différents problèmes que connaissent ces réservoirs en prenant en compte : L'état de corrosion, les compteurs ainsi que l'accès aux différents accessoires.

3.6.1. Etats de corrosion

A cause des effets d'oxydation (particulièrement l'eau de fuites), la plus part des organes, et principalement les vannes et les conduites, souffrent d'une corrosion importante (photos 3-9). Le manque de maintenance est aussi une cause qui a amplifié ce problème. Pourtant, il faut dire qu'au niveau de certains réservoirs les conduites et les accessoires sont bien protégés contre ce phénomène de corrosion (peinture, réparation des fuites, changement des organes qui ne peut plus fonctionner) voir la photo 3-10.



Photo 3-9 : Vanne papillon (station de pompage SP4).

Photo 3-10 : Conduite de sortie du réservoir Mansourah 5000 m³.

[Photos prises par BOUMEDIENE A., 2012]

3.6.2. Accès aux ouvrages annexes

Normalement, les accessoires du réseau qui se situent dans des regards ou bien dans des chambres un peu profondes, doivent avoir un accès bien réalisé (en respectant les normes) qui assure la sécurité du personnel.

D'après nos sorties sur terrain, là où on a visité la totalité de réservoirs de notre secteur, nous avons pu voir des situations où il y a absence d'accès aux compteurs et vannes (Photo 3-11).

Dans d'autres cas, les agents ou bien les fonteniers n'utilisent que des planches pour arriver à ces points, la chose qui représente un véritable danger pour leur sécurité (Photo 3-12).



Photo3-11 : Conduite principale de la chaîne de Béni Mester.



Photo 3-12 : Accès au compteur (Réservoir Mansourah ...).

[Photos prises par BOUMEDIENE A., 2012]

3.6.3. Compteurs

La plus part des compteurs en sortie des réservoirs du secteur Mansourah ne fonctionnent plus, malgré leur importance pour le comptage des volumes destinés à l'alimentation des habitants. Ainsi, dans le cas où ils existent, le manque de maintenance correcte a entraîné des dégâts sur ces compteurs du réservoir (Photo 3-13).

Le tableau 3-4 présenté ci-après, montre la totalité des réservoirs ainsi que l'état des compteurs à l'entrée et à la sortie et s'ils existent ou non.



Photo 3-13 : Compteur du réservoir Mansourah ...

[Photo prise par BOUMEDIENE A., 2012]

*Tableau 3-4 : Caractéristiques des réservoirs du secteur Mansourah
[D'après l'ADE].*

Réservoir	Diamètre		Compteurs
Petit Mansoura	Entrée	65	En marche
	Sortie	65	En marche
		100	Sans
Boudjmil	Entrée	400	Sans
		150	Sans
	Sortie	400	Sans
		125	Sans
Cherbel 1	Entrée	300	A l'arrêt
		150	A l'arrêt
	Sortie	600	Sans
Cherbel 2	Entrée	300	Sans
		80	Sans
	Sortie	400	En marche
Kbassa (Tombeau du Rabb)	Entrée	200	En marche
	Sortie	150	A l'arrêt
		400	En marche
Nouveau Mansourah	Entrée	800	Sans
	Sortie	400	En marche
Mansourah	Entrée	300	A l'arrêt
	Sortie	300	Sans
		150	Sans
		400	En marche
Tampon	Entrée	-	-
	Sortie	-	-
Béni Boublène	Entrée	65	En marche
	Sortie	80	Sans

Les conséquences du manque d'entretiens ne touche pas, seulement, les compteurs d'eaux mais encore ceux d'électricité aussi (photos 3-14 et 3-15). Cette situation représente un véritable danger pour le personnel.



Photo 3-14 : Compteur d'électricité (station de pompage SP4).

Photo 3-15 : Compteur d'électricité (station de pompage SP4).

[Photo prise par BOUMEDIENE A., 2012]

3.7. Ouvrages spéciaux

Ce sont en général des éléments auxiliaires qui sont installés dans le réseau pour faciliter l'exploitation et l'entretien de ce dernier [11]. Parmi ces accessoires nous pouvons citer :

3.7.1. Les compteurs

En générale, les compteurs permettent de connaître les volumes produits mis en distribution, achetés et vendus [11]. Ils doivent être installés sur les ouvrages de production, en sorties des stations de reprise et de surpression, en entrée et/ou en sortie des réservoirs, au niveau de certaines zones de distribution et sur les interconnexions permanentes et de secours. Faisant partie du GUT, le secteur de Mansourah connaît une insuffisance dans la mise en place de compteurs.

3.7.2. Les poteaux d'incendie

Le mode de répartition des poteaux d'incendie varie d'un pays à un autre et cela en fonction des réalités et du niveau de développement économique. Normalement, la répartition se fait en fonction du débit requis qui correspond à une superficie moyenne desservie par le poteau [11].

Pour la totalité du Groupement Urbain de Tlemcen GUT, il n'y a aucun poteau d'incendie.

3.7.3. Les vannes

Généralement, on rencontre quatre types de vannes sur notre secteur étudié : Vannes d'isolement, vannes réductrice de pression vannes à clapet et vannes d'altitude. Hormis ces trois types d'accessoires, on peut trouver aussi dans le réseau étudié des ventouses, des clapets, des antibéliers ...

4. Dysfonctionnement et anomalies du réseau

Cette partie sera consacrée à citer les différents problèmes que connaît notre réseau d'adduction à savoir : la pression, le débit, le marnage des réservoirs. On va se baser sur les données et informations collectées d'après le personnel de l'ADE.

Alors, pour atteindre l'objectif visé, ça sera mieux d'aborder les différents problèmes par région. Ce travail concerne, en effet, deux régions principales dont chacune d'elles dépend de plusieurs réservoirs pour être alimenté en eau potable.

Dans le but d'une meilleure compréhension du diagnostic que nous allons faire, nous avons représenté les dites régions par les schémas verticales ci-contre.

4.1. Région alimentée par les réservoirs de Boudjmil

La région, desservie par les deux réservoirs de Boudjmil, est constituée de plusieurs cités tel que : El Habak, 400 logements, 500 logements, 120 logements, les cités universitaires. En plus de ces réservoirs, on a deux autres en aval qui jouent le rôle de réservoir tampon.

Les problèmes rencontrés dans cette région sont multiples : Forte pression, faible pression, débit insuffisant, ...

En effet, la situation de la cité d'El Habak presque au même niveau des deux réservoirs Boudjmil rend difficile son alimentation avec une pression et un débit suffisants. Pour palier à cette situation, on est obligé de laminer l'ouverture des vannes.

Ainsi, ce réglage de vannes permet d'améliorer la pression, dans la partie basse de cette région, là où elle peut atteindre les 15 bars. Ça cause un véritable problème pour les abonnés qui ne cessent pas de réclamer au niveau du service technique concerné. Le réglage des vannes permet, aussi, de garder le niveau d'eau minimum désiré dans les dites réservoirs.

Cette solution quoiqu'elle permet de résoudre quelques problèmes posés, ne peut pas être durable.

4.2. Région alimentée par les réservoirs de Mansourah

Cette région comprend 8 réservoirs : Les 3 réservoirs de Mansourah, le réservoir Petit Mansourah, les deux réservoirs Tombeau du Raab en plus des deux réservoirs Cherbel 1 et 2.

Au début, il faut signaler que les réservoirs Cherbel 1 et 2 sont hors usage actuellement.

En vu de la faible importance de la zone alimenté par le réservoir Petit Mansourah, la distribution de l'eau ne présente aucun problème, le débit est suffisant ainsi que la pression au niveau des habitas est satisfaisante.

A cause de l'interconnexion existante entre les trois réservoirs de Mansourah, et le mal dimensionnement de leur sorties vers la distribution (schéma 04, Annexes), en effet, on a un débordement au niveau de ces réservoirs, ce qui entraine parfois l'arrêter du pompage sur la chaine de Sikkak.

Ainsi, l'interconnexion entre les réservoirs de Mansourah et ceux du Tombeau de Raab et de l'absence d'une sectorisation du réseau, l'évaluation des débits entrants aux différents sous-secteurs est très difficile. C'est le problème majeur rencontré pour notre travail.

D'après les responsables de l'ADE, l'alimentation des régions desservies par les trois réservoirs Mansourah 1, 2 et 3 se fait par étage, c'est-à-dire, que la population n'est pas desservie 24/24 h. Ceci pose un véritable problème au niveau des bâtiments là où l'OPGI a interdit l'implantation des réservoirs d'eau sur les toitures.

5. Modélisation numérique sous EPANET

5.1. Généralités sur la modélisation

Généralement, un modèle est une description mathématique d'un système du monde réel [13]. Les résultats obtenus sont dépendants des paramètres du modèle et, par conséquent, de la qualité des données utilisées [13].

Les modèles hydrauliques des réseaux d'eau potable sont l'une des plus récentes technologies d'un processus de développement qui a commencé il y a déjà longtemps, lorsque le premier système de ce genre a été construit. De nos jours, ces modèles se présentent comme un élément essentiel dans la planification, diagnose et gestion opérationnelle d'un système d'AEP capable de servir les populations en qualité, quantité et fiabilité [13].

Alors, en complément d'une connaissance plus approfondie de notre réseau, l'élaboration d'un modèle hydraulique a été faite. Cela permet alors :

- De valider la constitution du réseau et l'état de fonctionnement ;
- D'analyser le marnage des réservoirs ;
- D'analyser la capacité de transit ;
- De détecter les zones de faibles et fortes pressions (zones de distribution) ;
- D'identifier les secteurs vulnérables ;

- D'analyser la capacité du réseau dans son fonctionnement futur, ou dans le cadre d'une situation de crise (ex : sécheresse), afin de prévoir les aménagements à mettre en œuvre et d'adapter les solutions au cas de figure rencontré ;
- De fournir au gestionnaire un outil opérationnel lui permettant d'effectuer lui-même la simulation future grâce au modèle.

5.2. Choix du logiciel

Dans le cadre du schéma directeur, l'objectif du modèle hydraulique est de représenter au mieux le fonctionnement réel et de permettre de simuler un fonctionnement en pointe de consommation, en situation de crise et en situation future ainsi que les propositions d'aménagements. Un modèle numérique tel que « EPANET » est un outil puissant de calcul hydraulique et permet de localiser rapidement les zones problématiques [17].

En effet, 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, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Ce logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau [16].

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système d'AEP sont les suivantes [16]:

- Dessiner un réseau représentant le système d'AEP ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte ;
- Saisir les propriétés des éléments du réseau ;
- Décrire le fonctionnement du système ;
- Sélectionner un ensemble d'options de simulation ;
- Lancer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité ;
- Visualiser les résultats d'une simulation.

5.3. Construction du modèle

5.3.1. Données nécessaires à la création du modèle

La première étape de saisie du modèle a été d'importer l'ossature du réseau créée sur MapInfo vers Epanet. Ceci est rendu possible par l'existence d'une passerelle développée sur le SIG permettant le transfert des fichiers. Suite à l'export sur Epanet, nous étions obligés de corriger la position de quelques réservoirs et points d'eau à l'aide d'une carte extraite du Google Earth. La définition du modèle a été réalisée sur l'ensemble du réseau, mais elle a été affinée sur le secteur de Mansourah. C'est sur cette dernière zone que la collecte de données de débit et de pression a été menée. Certaines caractéristiques ont été conservées, mais d'autres, nécessaires pour la mise en place du modèle, ont été ajoutées.

5.3.2. Eléments du modèle

Notre modèle hydraulique est constitué par un ensemble de nœuds reliés entre eux par des liaisons. Normalement, les nœuds représentent des nœuds de demande (ils peuvent ne pas avoir de débit), des réservoirs, des baches d'eau et les liaisons entre les nœuds représentent des tuyaux, des pompes ou des vannes de contrôle.

a. Les conduites

Les conduites sont des arcs qui transportent l'eau d'un point du réseau à un autre. EPANET suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant. L'eau s'écoule de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée à celle qui a la charge la plus faible [11].

Les attributs récupérés sur Epanet, sont Tout d'abord, le diamètre qui a été reporté correspond au diamètre nominal. Ce dernier se réfère au diamètre extérieur de la canalisation. Or le diamètre utilisé dans le calcul considère le diamètre intérieur. Il a donc fallu faire les modifications nécessaires [14].

En termes de calage, le diamètre des conduites correspond au diamètre nominal multiplié par 0,9 afin de caler le modèle par rapport aux pertes de charges linéaires [17].

Ensuite, la caractéristique à saisir est la rugosité du tronçon. Ce paramètre renseigne sur l'état intérieur de la canalisation. Elle dépend de l'âge, du type de canalisation et des sollicitations auxquelles est soumis le tronçon. Cette caractéristique sera ajustée afin de caler le modèle [14].

Au départ, une valeur de 0,1 mm est affectée par défaut pour toutes les conduites en fonte neuf. Néanmoins, il faut avoir une harmonie globale de l'état du réseau, en estimant une valeur des paramètres proche de la réalité. Alors, en prenant compte la vétusté des conduites, on a décidé de choisir une valeur de 3 mm.

b. Les nœuds de demande

Les nœuds de demande sont des points du réseau où les arcs se rejoignent. Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent également ne pas avoir de débit. Par la suite, nous avons dû établir le débit sortant en chaque nœud. Cette consommation est en effet à l'origine de la circulation de l'eau potable, et est donc capitale pour simuler les débits.

Tout d'abord, nous nous sommes intéressés à la répartition spatiale de la consommation, puis à la répartition temporelle de celle-ci, en établissant les profils journaliers de consommation [14] & [11].

c. Les réservoirs et baches infinies

Les réservoirs sont des nœuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stockée peut varier au cours du temps. Le niveau d'eau dans les réservoirs doit rester entre les niveaux minimaux et maximaux. EPANET arrête la sortie d'eau si le réservoir est à niveau minimal et arrête l'arrivée s'il est à son niveau maximal [16].

En ce qui concerne les baches infinies. Ce sont des nœuds représentant une source externe de capacité infinie. Elles sont utilisées pour modéliser des éléments tels que les lacs, les couches aquifères souterraines ou les arrivées de réseaux extérieurs. Ils n'ont pas lieu dans notre cas [16].

d. Les pompes

Au lieu d'une courbe caractéristique, la pompe peut être représentée comme un élément qui fournit une puissance constante (en kilowatts) au fluide pour toutes les combinaisons de débit et de charge hydraulique. L'eau traverse la pompe en sens unique et EPANET ne permet pas aux pompes de fonctionner en dehors de leur courbe caractéristique [16].

Tout comme les tuyaux, les pompes peuvent être mises en route et arrêtés à des heures préétablies ou quand certaines conditions existent dans le réseau parmi des commandes. Le fonctionnement d'une pompe peut également être décrit en lui assignant une courbe de modulation de changement de vitesse dans le temps [16].

e. Vannes

Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau. Les différents types de vannes qu'offre EPANET sont [11] :

- **Vanne stabilisatrice aval**

Limite la pression au nœud en aval. Il y a trois états possibles : Partiellement ouvert (en régulation) ; entièrement ouvert si la pression en amont est au-dessous de la consigne souhaitée ; Fermé, si la pression en aval dépasse celle du côté amont ;

- **Vanne stabilisatrice amont**

Maintient une pression prédéterminée au nœud en amont. Il y a trois états possibles : Partiellement ouvert (pour maintenir une pression en amont qui corresponde à la consigne voulue, quand la pression en aval est plus basse que la pression de la consigne); Entièrement ouvert si la pression en aval est au-dessus de la consigne souhaitée ; Fermé, si la pression en aval excède celle du côté amont (c'est-à-dire que la vanne ne permet pas l'inversion d'écoulement) ;

- **Vanne brise-charge ou réducteur de pression**

Provoque une perte de pression spécifique au passage de la vanne. L'écoulement à travers la vanne peut s'effectuer dans les deux sens. Les vannes brise-charge ne sont pas de véritables dispositifs physiques mais peuvent être utilisés pour modéliser des situations dans lesquelles on sait qu'il se produit une chute de pression. Si les nœuds initial et final d'une vanne brise-charge sont changés, celle-ci se comporte comme une pompe à charge fixe ;

- **Vanne régulatrice de débit ou limiteur de débit**

Limite le débit à une valeur spécifiée. Un message d'avertissement apparaît sur l'écran si cet écoulement ne peut pas être obtenu sans ajouter d'énergie supplémentaire (c'est-à-dire, l'écoulement n'atteint pas la valeur de la consigne de fonctionnement, même avec la vanne entièrement ouverte). Les Vannes Régulatrices de Débit sont unidirectionnelles, et doivent être orientées selon le sens du flux. Si le débit à travers de la vanne est négatif, elle se comporte comme une pompe à débit fixe ;

- **Vanne diaphragme**

Simule une vanne partiellement fermée en ajustant le coefficient de perte de charge singulière de la vanne, et elle est bidirectionnelle. Le rapport entre le degré de fermeture de la vanne et le coefficient de perte de charge résultant est habituellement fourni par le constructeur de la vanne ;

- **Vannes d'usage général**

Elles sont utilisées pour représenter des arcs où l'utilisateur prévoit une relation spécifique entre le débit et la perte de charge, au lieu de suivre une des formules hydrauliques standard. Elles peuvent être employées pour modéliser des turbines, l'abaissement des eaux souterraines ou des vannes stabilisatrices aval contrôlées par le débit.

Nota : Les vannes d'arrêt et les clapets antiretour, qui ouvrent ou ferment entièrement les tuyaux, ne sont pas considérés comme des arcs spécifiques, elles sont incorporés dans les propriétés du tuyau dans lequel elles sont placés.

f. Courbes

En plus des composants physiques, EPANET utilise trois types d'objets non physiques, on parle ici sur les courbes :

- Courbe caractéristique (d'une pompe) ;
- Courbe de rendement (d'une pompe) ;
- Courbe de volume (d'un réservoir) ;

Chapitre 3 : Diagnostic du réseau d'adduction d'eau potable de Mansourah

- Courbe de perte de charge ;
- Courbes de modulation.

Dans le tableau 3-5, nous avons regroupé les données d'entrée ainsi que de sortie pour chaque élément du modèle.

Tableau 3-5 : Données d'entrée et paramètres calculés pour chaque élément du modèle hydraulique [16].

Elément du modèle	Données d'entrée	Paramètres calculés
Nœud	<ul style="list-style-type: none"> - L'altitude au-dessus d'un certain plan de référence (habituellement le niveau de la mer) ; - La demande en eau (débit prélevé sur le réseau). 	<ul style="list-style-type: none"> - La charge hydraulique (ou hauteur piézométrique) - La pression ; - le graphique d'évolution de la pression au nœud de demande.
Bâche	<ul style="list-style-type: none"> - La charge totale (égale au niveau de la surface de l'eau) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune propriété n'est calculée.
Réservoir	<ul style="list-style-type: none"> - L'altitude du radier (où le niveau d'eau est zéro) - Le diamètre (ou sa forme s'il n'est pas cylindrique) - Les niveaux initial, minimal et maximal de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - La charge (altitude de l'eau) - La pression (niveau de l'eau) ; - Courbe d'évolution du niveau de l'eau.
Tuyau	<ul style="list-style-type: none"> - Les nœuds initial et final ; - Le diamètre; - La longueur; - Le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge); - L'état (ouvert, fermé, ou avec un clapet antiretour). 	<ul style="list-style-type: none"> - Le débit - La vitesse d'écoulement - La perte de charge - Le facteur de friction de Darcy-Weisbach
Pompe	<ul style="list-style-type: none"> - Les nœuds d'aspiration et de décharge - La courbe caractéristique (la combinaison des charges hydrauliques et des débits que la pompe peut fournir à sa vitesse nominale). 	<ul style="list-style-type: none"> - le débit - le gain de charge hydraulique.
Vannes	<ul style="list-style-type: none"> - Les nœuds d'entrée et de sortie - Le diamètre - La consigne de fonctionnement - L'état de la vanne. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le débit et la perte de charge hydraulique. - La consommation d'énergie - Le coût d'une pompe.

5.3.3. Propriétés des éléments

Les éléments du modèle sont donc dépendants des différentes approches de structuration de données, mais d'autres aspects doivent être considérés, notamment, le logiciel utilisé ou le type de simulation à réaliser [13]. Le modèle dans son ensemble a, donc, finalement les caractéristiques suivantes :

- Nombre de nœuds : 215 (185 nœuds, 18 bâche, 12 réservoirs)
- Nombre de tronçons : 285 (144 conduites, 21 pompes, 60 vannes)

Finalement, on obtient le schéma du modèle.

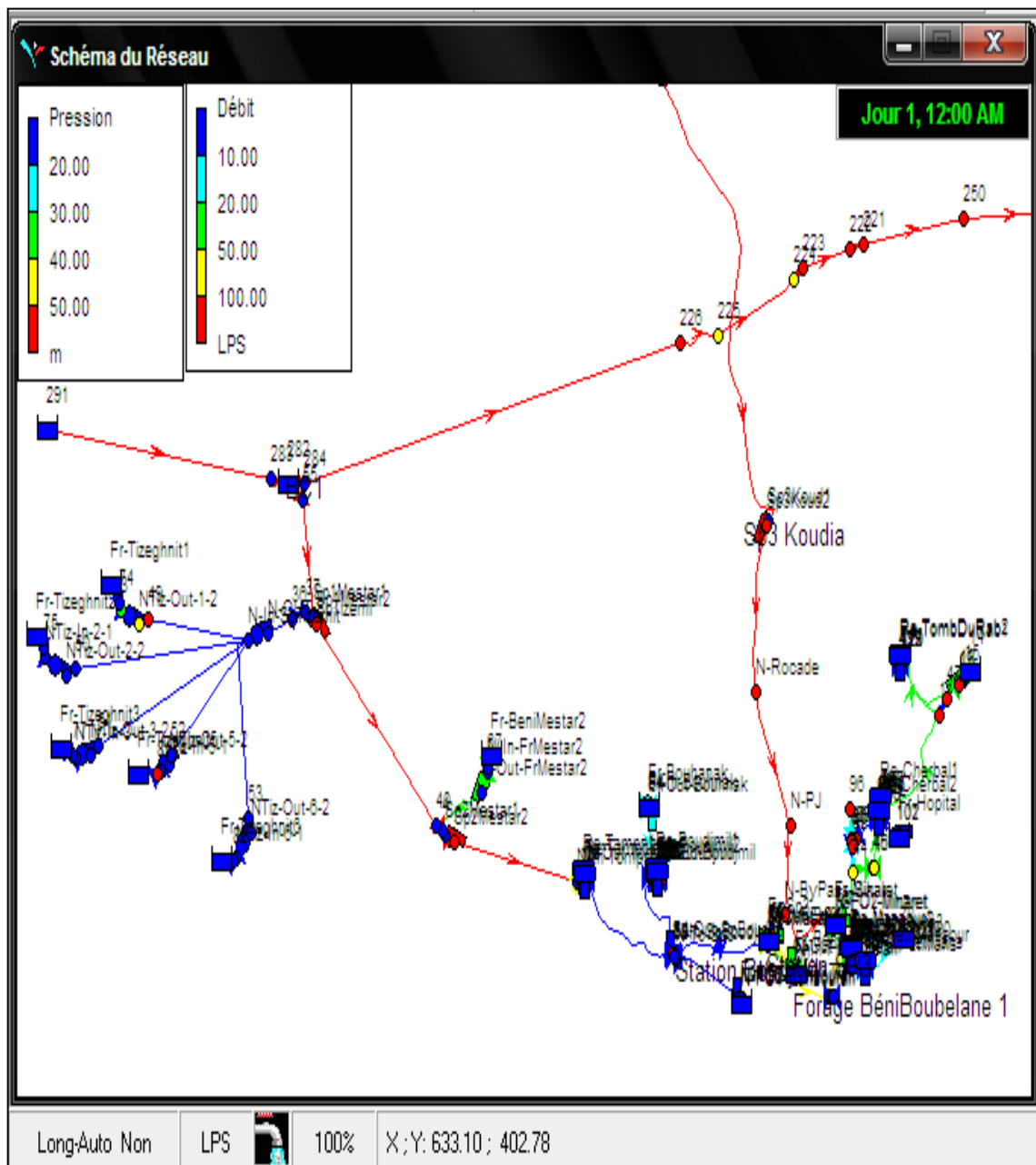


Figure 3-1 : Structure du modèle hydraulique réalisé par Epanet.

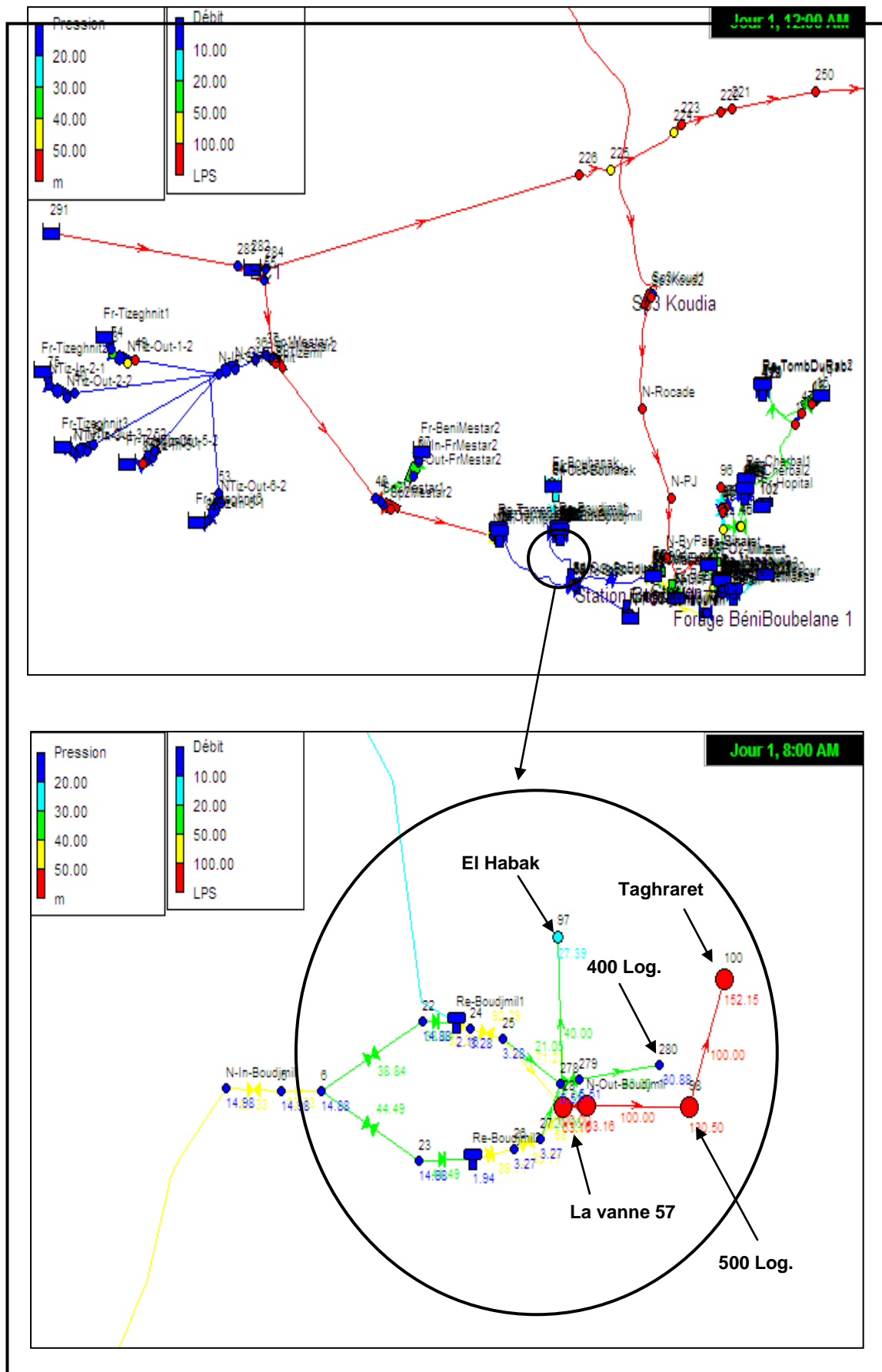


Figure 3-2 : Localisation de la région de Bouhannak.

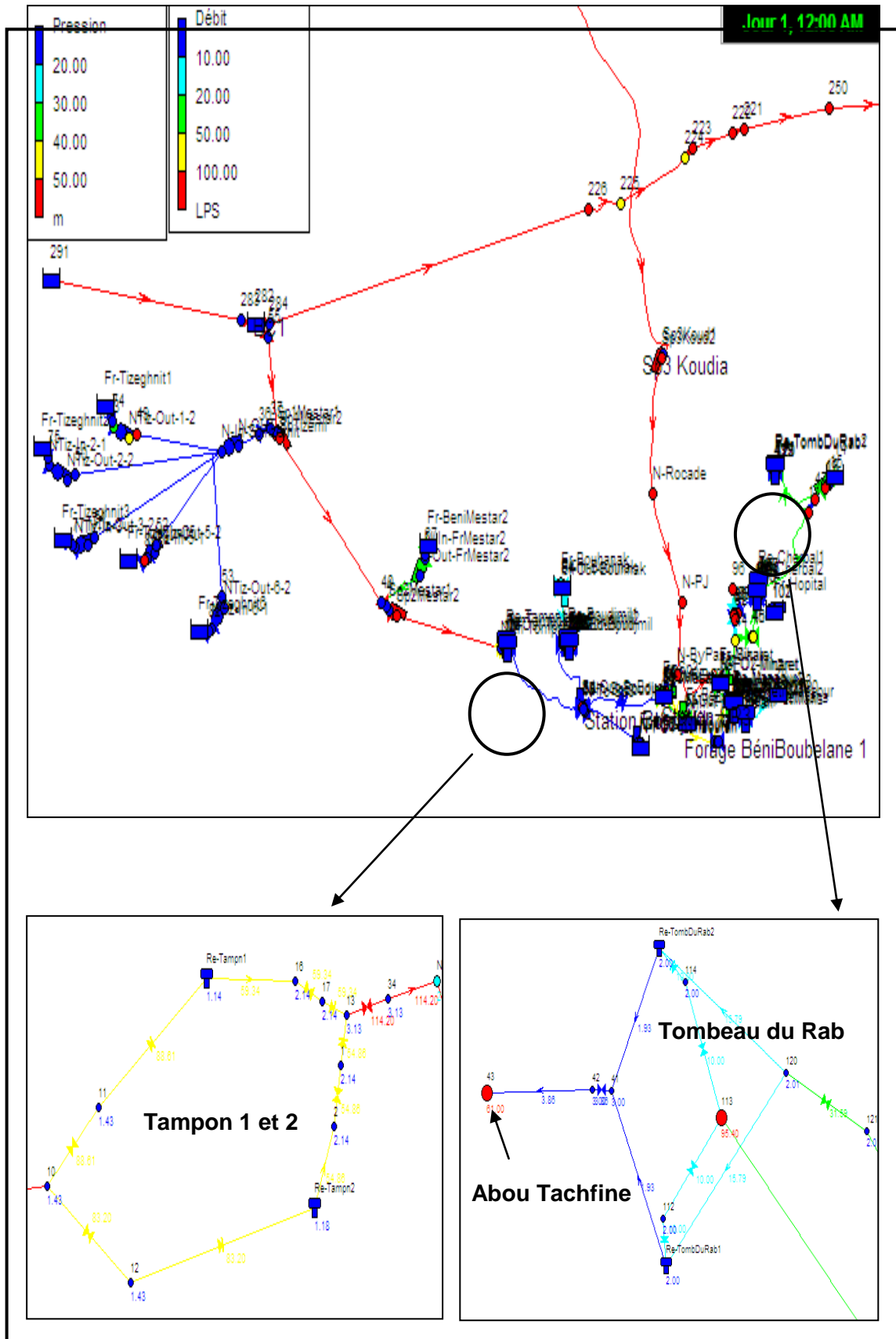


Figure 3-3 : Localisation des réservoirs tampon et Tombeau du Rab.

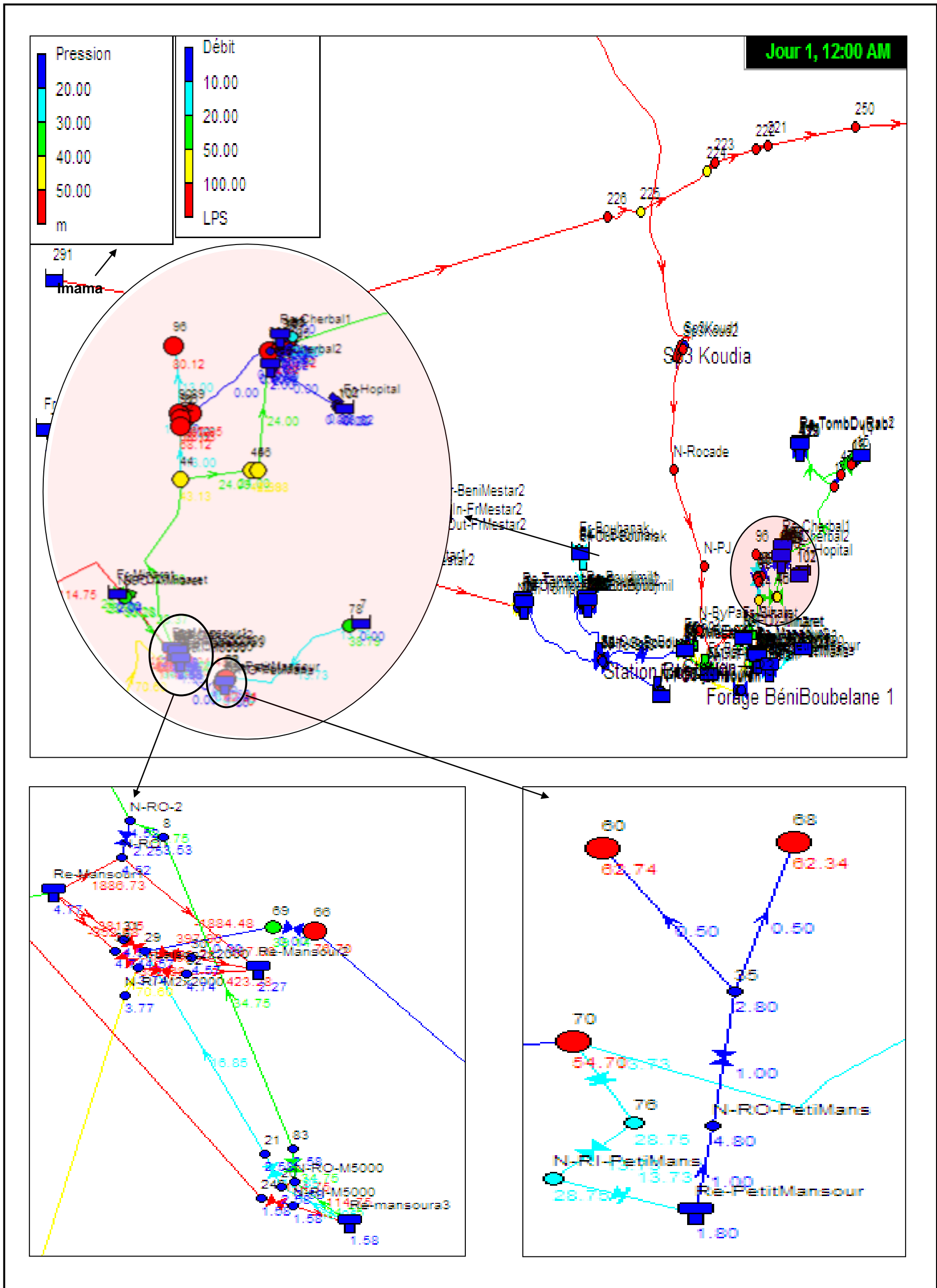


Figure 3-4 : Localisation de la région de Mansourah.

5.3.4. Le profil de consommation journalier

La détermination des pointes de consommation revêt, alors, une importance capitale pour notre travail. En général, les données disponibles pour la consommation moyenne en eau sont basées sur de longues périodes d'observations (une année par exemple). Cependant, il existe des conditions de consommation plus précises sur des périodes de temps plus courtes et qui reflètent plus la réalité de la consommation de pointe.

L'un des objectifs de la détermination des pointes de consommation est de voir le comportement global du réseau pendant ces moments. Dans le cas de notre étude, cela revient à faire la simulation de longue durée du comportement du réseau. Pour cela il nous faut établir une courbe de modulation dans laquelle les demandes aux nœuds changent périodiquement dans la journée. La durée totale de la simulation est de 24 h avec des intervalles de temps de 1 h.

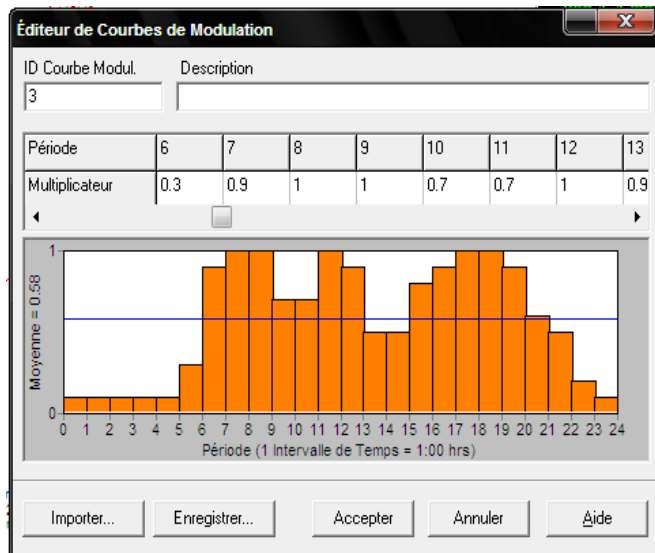


Figure 3-5 : La courbe de modulation.

Alors, la courbe de modulation est un ensemble de multiplicateurs qui sont appliqués à une valeur de base pour lui permettre d'évoluer au cours du temps. Ces coefficients reflètent la variation de la consommation selon les heures de la journée.

Comme nous l'avons vu, cette consommation varie au rythme des activités urbaines et des habitudes des habitants. On considère que la demande est majorée de 100 % entre 18 h et 19 h, 90 % à 7 h, 13 h, 17 h et à 20 h ; de 50 % entre 14 h et 15 h. Pendant la nuit, de 22h à 6 h, l'activité est presque inexistante, la consommation se réduit considérablement et les pointes minimales sont fixées à 50 %, 3 %, 20 %, et 10 % de la consommation moyenne.

Tableau 3-6 : Coefficients multiplicateurs

Période	1-5	6	7	8-9	10-11	12	13	14-15	16	17	18-19	20	21	22	23	24
Coeff.	0.1	0.3	0.9	1	0.7	1	0.9	0.5	0.8	0.9	1	0.9	0.6	0.5	0.2	0.1

5.3.5. Calage du modèle

a. Généralités

Cette étape de la modélisation est la plus importante. Elle va permettre d'ajuster le modèle à la réalité du terrain d'une part, et d'autre part, de rendre compte de l'état du réseau (rugosité et vieillissement des conduites, état d'élément constitutif du réseau...). Ainsi, il va être possible d'évaluer les problèmes de fonctionnement du réseau et l'état des canalisations [17].

Le calage est une étape itérative : il s'agit de comparer le calcul du modèle hydraulique avec les mesures faites sur le terrain et de faire en conséquence des hypothèses sur le réseau. Ces dernières sont alors confirmées ou non par un nouveau calcul. Puis ces hypothèses sont affinées afin d'améliorer les résultats du modèle.

Il semble préférable d'effectuer le calage sur un cycle journalier de 24 h. Cependant, ce rythme de fonctionnement ne se retrouve pas sur toutes les journées. Pour valider la représentativité du modèle, suite à l'ajustement du modèle selon une journée de calage choisie, d'autres journées de mesures sont simulées sur le modèle afin d'en vérifier la pertinence [17].

Le calage se décline en trois temps :

a. Calage en débit : Il s'agit dans un premier temps d'ajuster les volumes mis en distribution qui ont été mesurés lors de la journée de calage (profil consommation journalier) avec ceux calculés par le modèle. Dans un deuxième temps, il s'agit de caler la partie adduction du réseau.

b. Calage en pression : Les ajustements sont réalisés en modifiant deux paramètres majeurs que sont : la rugosité des canalisations, qui rend compte de l'état interne de la conduite. Et les pertes de charge singulières, qui peuvent être ajoutés en des points particuliers (stabilisateur, vanne, chambre des vannes...). Il est aussi possible de les intégrer en des points du réseau ayant une configuration particulière (ex : appareil de régulation, vanne en position intermédiaire...)

c. Calage du marnage des réservoirs : Il s'agit de vérifier les variations journalières du niveau d'eau au sein des réservoirs, en comparant les mesures faites sur le terrain et les résultats obtenus par le modèle ;

b. Campagnes de mesure

Nous souhaitons bien de faire un calage raisonnable avec les mesures nécessaires concernant : le débit, la pression et le marnage des réservoirs, mais malheureusement, nous avons eu des véritables contraintes en terme de matériel.

Pour cette raison, nous étions obligés de travailler avec seulement des résultats de mesures déjà faites dans le service d'eau concerné. Pourtant, il était bien de donner une description générale des méthodes de mesure habituellement pratiquées.

- **La mesure des débits**

Dans le but d'établir la courbe de consommation des abonnés sur le secteur de Mansourah, le suivi du débit de distribution, en sortie immédiate du réservoir, a été faite sur quelques jours. Ces mesures ont été réalisées au niveau des réservoirs où il y a des compteurs. Pour effectuer les mesures, un débitmètre devait être fixé sur le départ de la conduite de distribution. Une mesure est enregistrée chaque 5 min afin de ne pas surcharger l'appareil.

- **La mesure de pression**

Ces mesures sont nécessaires pour le calage en pression du modèle, pour cela, j'ai fait mon possible pour avoir un manomètre auprès de l'ADE. Normalement, la pression a été relevée au robinet d'abonnés situés en bout de réseau, ainsi que chez ceux qui sont localisés en un lieu où la population est concentrée, et donc où la consommation est plus importante et induisant une baisse de pression. Ces consommateurs remarquables sont en effet des points de faible pression sur le réseau.



Photo3-16 : Mesure des pressions à l'aide d'un manomètre.



Photo 3-17 : Mesure de la pression au niveau des 120 Log.



Photo3-18 : Mesure de la pression au niveau d'El Habak.



Photo3-19 : Mesure de la pression au niveau de Taghraret (partie basse).

- **La mesure du marnage d'un réservoir.**

Il s'agit de suivre les variations journalières des hauteurs d'eau dans les différents bassins du secteur. Ce suivi va permettre de valider le calage des débits d'adduction et de distribution. Le cas idéal de mesure est de relever simultanément au niveau du réservoir, les débits d'adduction de distribution, ainsi que le marnage du réservoir. Pour réaliser ces mesures, l'utilisation de sondes piézométriques couplées à un enregistreur de données fonctionnant de manière continue est envisageable.

5.3.6. Calcul hydraulique

Les formulations mathématiques qui permettent le calcul de l'équilibre hydraulique d'un réseau de distribution d'eau sont basées sur les lois fondamentales de la mécanique des fluides (loi de continuité et loi de conservation de l'énergie) et la loi de résistance à l'écoulement (relation entre le débit et les correspondantes pertes de charges). Ces lois supportent la conception des modèles mathématiques utilisés dans ce domaine.

a. Pertes de charge

- **Pertes de charge linéaires**

La perte de charge (charge hydraulique) perdue à cause du frottement de l'eau avec les parois du tuyau peut être calculée en utilisant une de ces trois formules [16]:

- Formule de Hazen-Williams ;
- Formule de Darcy-Weisbach ;
- Formule de Chezy-Manning.

La formule de Darcy-Weisbach est théoriquement la plus correcte et est la plus largement utilisée en Europe. Elle s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous les liquides [16].

Chaque formule utilise l'équation suivante pour calculer la perte de charge entre les nœuds de début et de fin du tuyau [13] :

$$\Delta H_c = \frac{f \cdot L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

Où :

ΔH_c : Perte de charge (mH₂O) ;

f : Coefficient de résistance ou de Darcy-Weisbach (dépend du numéro de Reynolds et/ou de la rugosité relative de la conduite) ;

V : vitesse moyenne d'écoulement (m/s) ;

Q : Débit (m³/s) ;

g : Accélération de la gravité (9,8 m/s²) ;

D : Diamètre interne de la conduite (m) ;

L : Longueur de la conduite (m).

EPANET utilise différentes méthodes pour calculer le facteur de friction f selon le régime d'écoulement [16] :

- La formule de Hagen-Poiseuille ; utilisée pour un écoulement laminaire ($Re < 2000$).

$$f = 64/R_e \quad [13]$$

- L'approximation de Swamee et Jain dans l'équation de Colebrook-White ; utilisée pour un écoulement entièrement turbulent ($Re > 4000$).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{R_e \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad \text{Avec : } R_e = v \cdot D / \nu \quad [13]$$

Avec :

ε : Rugosité équivalente de la paroi en m (= 0,1 à 1 mm d'après l'annexe 3.2) ;

R_e : Nombre de Reynolds ;

ν : Viscosité cinématique de l'eau en m^2/s .

- L'interpolation cubique du diagramme de Moody ; utilisée pour un écoulement transitoire ($2000 < Re < 4000$).

Nota : En unités américaines, la formule de Darcy-Weisbach est : $0,0252 \cdot f(\varepsilon, d, q) \cdot d^{-5}$ dans laquelle les valeurs de ε s'expriment en pieds [16].

• Pertes de charge singulières

Des pertes de charge singulières (également appelées « pertes locales ») sont provoquées notamment par la croissance de la turbulence qui se produit au niveau des coudes, des tés et des vannes. Elles sont calculées par la formule suivante [16] :

$$h_L = K \cdot (v^2 / 2g)$$

Dans laquelle :

K : Coefficient de perte de charge singulière (tableau 3.3) ;

v : La vitesse d'écoulement (m/s) ;

g : L'accélération de la pesanteur (m/s^2).

b. Les pompes

Le fonctionnement des pompes est décrit par une courbe caractéristique qui traduit la relation entre la hauteur manométrique et le débit. Du point de vue du modèle, cette courbe est représentée par un polynôme approximatif [13] :

$$\Delta H = A \cdot Q^2 + B \cdot Q + C$$

Où :

ΔH : Énergie fournie (mCE) ;

Q : Débit (m^3/s) ;

A, B et C : Paramètres du polynôme du deuxième degré.

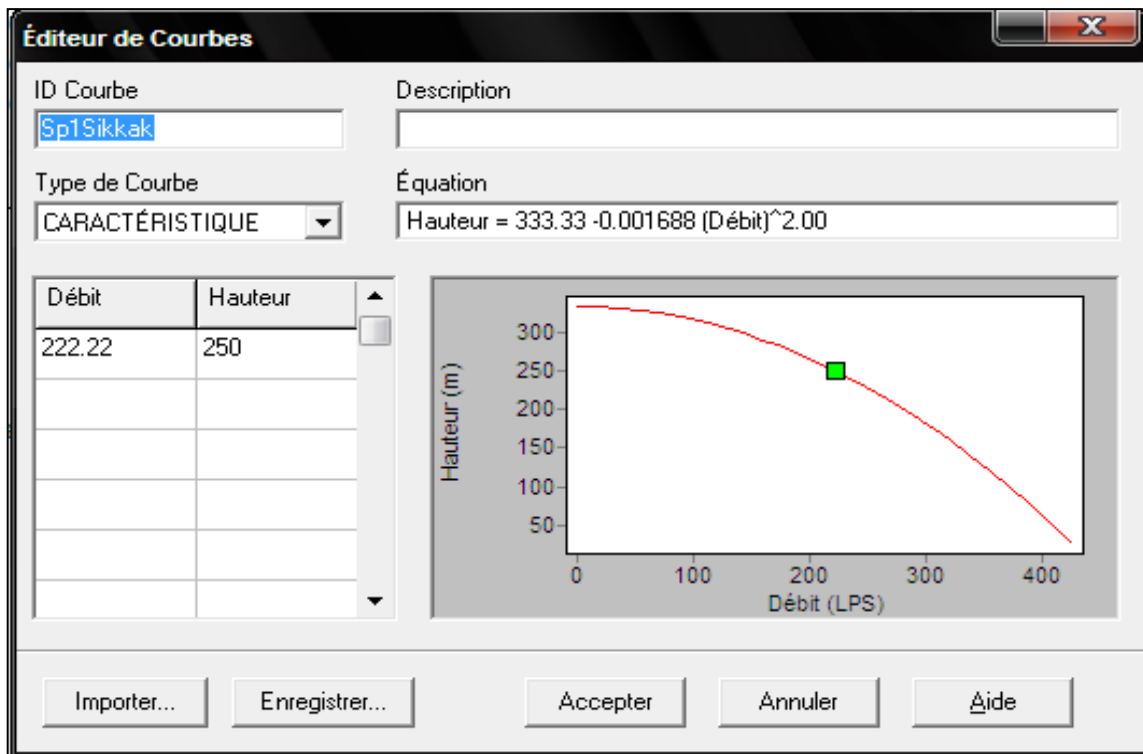


Figure 3-6 : Caractéristique de la pompe de refoulement Sp1 Sikkak sur Epanet.

5.3.7. Problèmes de construction et limites

Le réseau est relativement important. Etant donné que le modèle représente toutes les conduites d'adduction, le risque d'erreur dans les connexions est important. Après analyse fine du modèle, des erreurs de construction ont été mises en évidence.

Ces erreurs ont pu être faites à deux niveaux : Lors du travail de création du réseau sous SIG ou bien lors de la modélisation. Mais d'autres types d'erreurs ont été diagnostiqués comme des conduites manquantes, des vannes mal asservies, ainsi que des diamètres incorrects.

Alors, dans le but de représenter au mieux le fonctionnement réel du réseau, il était nécessaire de corriger ces erreurs de constructions. Il s'agit de régler au mieux les problèmes de construction. Suite à une analyse préalable du secteur concerné.

5.4. Difficultés rencontrées

Le fait de travailler sur un modèle déjà construit nécessite une adaptation et une prise de connaissance importantes de la structure du modèle et du calage réalisé tout en ayant préalablement une bonne idée du fonctionnement du réseau.

Outre cet aspect, il a été nécessaire d'effectuer des vérifications qui ont amenées à mettre en évidence les problèmes de construction. La difficulté résidait donc dans le fait de corriger ces erreurs avec le plus de justesse et de localiser les sous-secteurs de distribution et de représenter chacun d'eux par un seul nœud de demande.

Passé cette étape, l'intégration des résultats de phase 1 au modèle, notamment des consommations, a nécessité un traitement de données relativement conséquent. En effet, le manque des données et des difficultés rencontrées pour la détermination de la consommation de chaque sous-secteur, rend notre travail assez colossale.

Notons que l'intégration d'un fond de plan de type carte issue d'un SIG n'a pas été possible en raison des coordonnées rentrées préalablement.

6. Résultat des simulations

6.1. Généralités

Les résultats qui sont exploités dans cette partie sont :

- La pression aux nœuds du modèle
- Le débit dans les conduites (production, adduction et distribution)
- La vitesse de l'eau dans les conduites
- Les marnages des réservoirs

Rappelons préalablement que le fonctionnement correct d'un réseau d'eau potable est assuré lorsque [14] :

- La pression chez l'abonné est au moins de 3 bars et n'excède pas les 8 bars. Elle peut être acceptable entre 2 et 3 bars dans la mesure où les logements concernés n'ont pas plus d'un étage.
- La vitesse n'excéder pas les 1 à 2 m/s pour éviter d'endommager les conduites et elles ne doivent pas être trop faibles (de l'ordre de 0,1 m/s) dans les conduites d'adduction et les conduites principales de distribution durant plus d'une demie journée pour ne pas perdre le chlore et par conséquent avoir des bactéries.
- Un réservoir marnage correctement lorsque le nombre de marnages est compris entre 1 et 2 par jour.
- La desserte incendie est correctement assurée si le débit disponible est de 60 m³/h pendant 2 h et sous 1 bar.

6.2. Analyse des résultats

Les simulations ont été réalisées pour différentes périodes de 24 heures de façon à valider le modèle en différentes conditions de fonctionnement du réseau. Pour les pressions, les différentes couleurs de nœuds se réfèrent à la pression en MCE (mètre de colonne d'eau – 10 MCE = 1 bar). Pour les débits et les vitesses, les différentes couleurs des conduites se réfèrent respectivement au débit en l/s et à la vitesse en m/s.

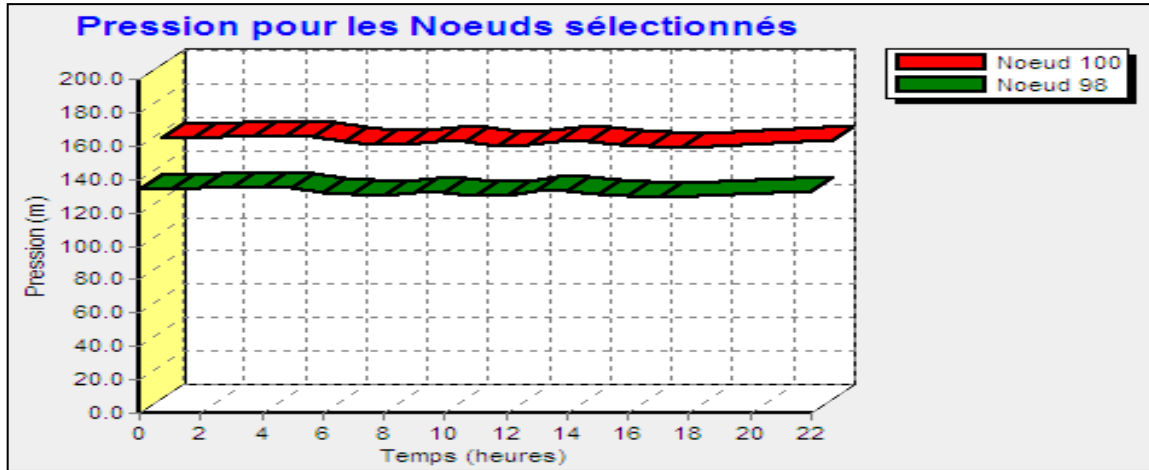


Figure 3-8 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 100 et 98 avant régulation de la vanne 57.

– Pour essayer de reprendre la situation sur terrain (manipulation de la vanne 57) les résultats représentés sur les figures 3-9 et 3-10 indiquent des pressions aux nœuds 98 et 100 des pressions de l'ordre de 6 à 7.5 bar une chose qui a été confirmé par les mesures de pression effectuées dans cette zone.

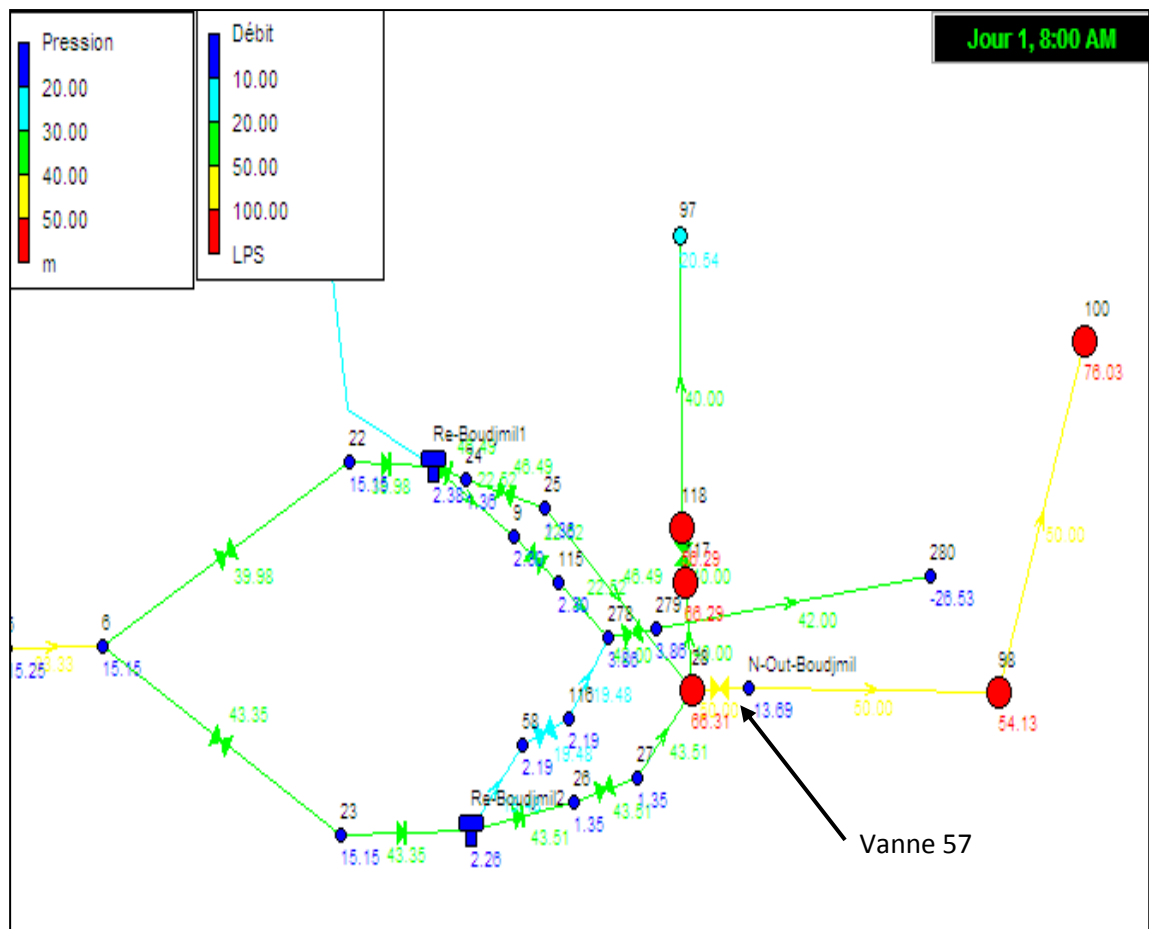


Figure 3-9 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 08:00 (vanne 57 en régulation).

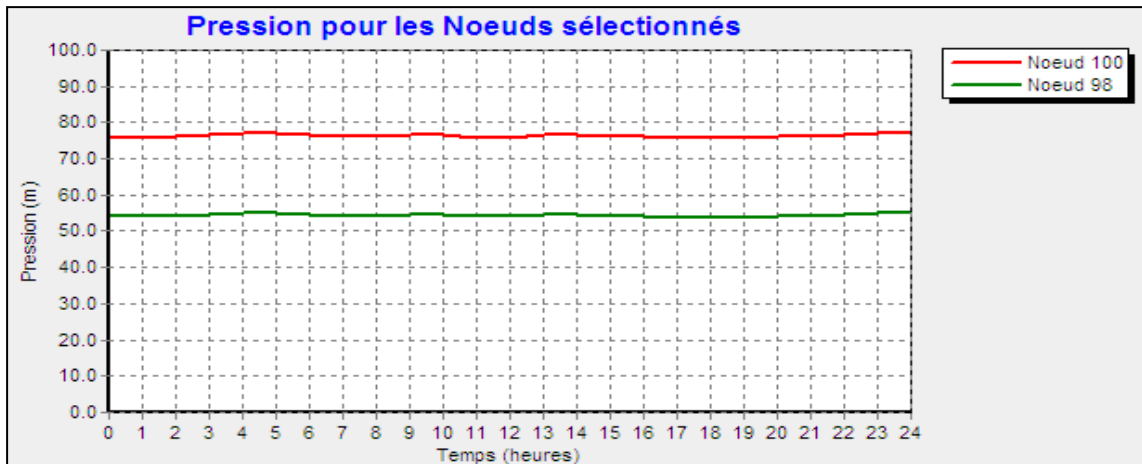


Figure 3-10 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 100 et 98 après régulation de la vanne 57.

D'autre part, on peut signaler la présence des pressions négatives au niveau de plusieurs nœuds où la demande est positive (figure 3-11 et 3-12). Cela indique un problème dans l'organisation ou l'exploitation du réseau. Les zones de distribution concernées sont des quartiers assez hautes qui ont une pression faible, ou encore quelques abonnés installés à proximité de réservoirs.

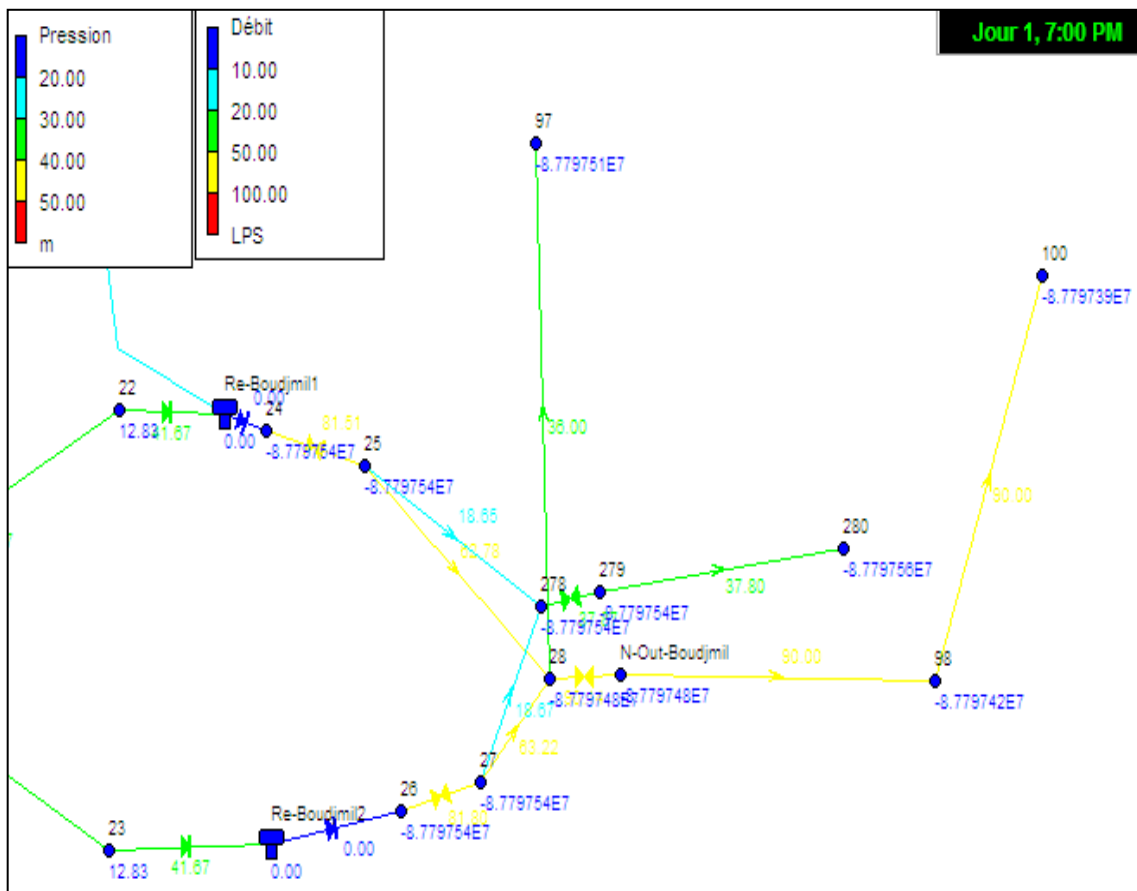


Figure 3-11 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 19:00 (vanne 57 ouverte).

Généralement, ces pressions faibles ou bien négatives ne sont rencontrées que pendant les heures de pointe. On parle ici des nœuds : 100 (entre 17:00 et 22:00) ; nœud 280, 400 Logements (entre 06:00 et 12:00 et entre 14:00 et 21:00) ; 97 (entre 17:00 et 22:00) et 98 (entre 20:00 et 22:00). Cette situation est due au fait que le débit sortant des réservoirs est supérieur au débit entrant pendant cette période et par conséquent le réservoir peut se vider complètement.

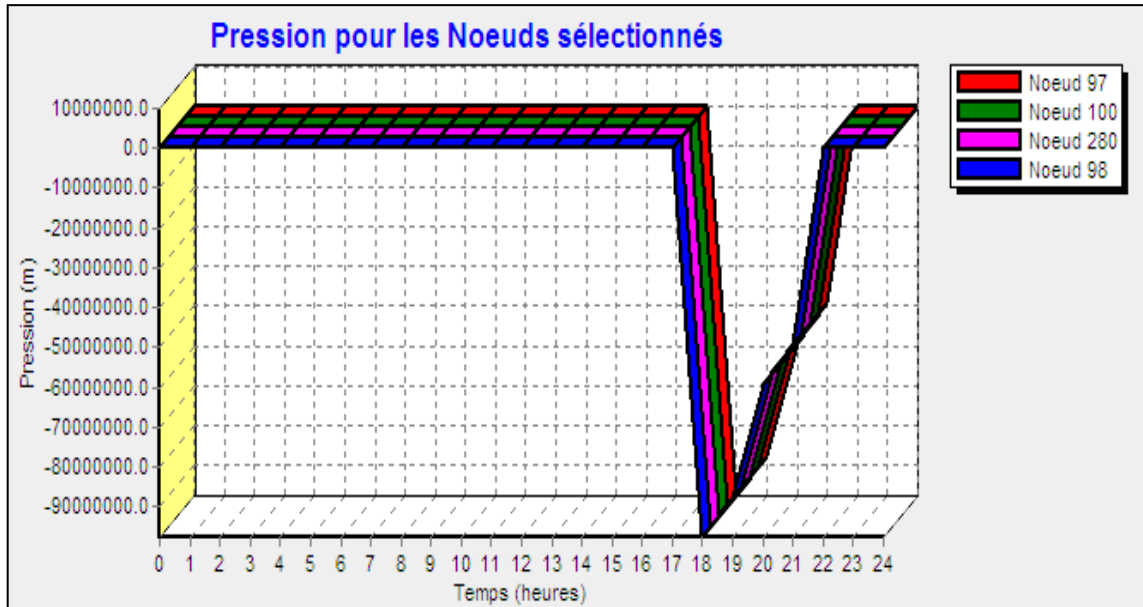


Figure 3-12 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 97 et 280 (vanne 57 ouverte).

Après réglage de la vanne 57 (voir les figures 3-13 et 3-14) les choses ont été changées avec une pression supérieure à la valeur minimale souhaitable. Le problème reste poser au nœud 280, cela est du au diamètre de la conduite reliant les nœuds 279 et 280.

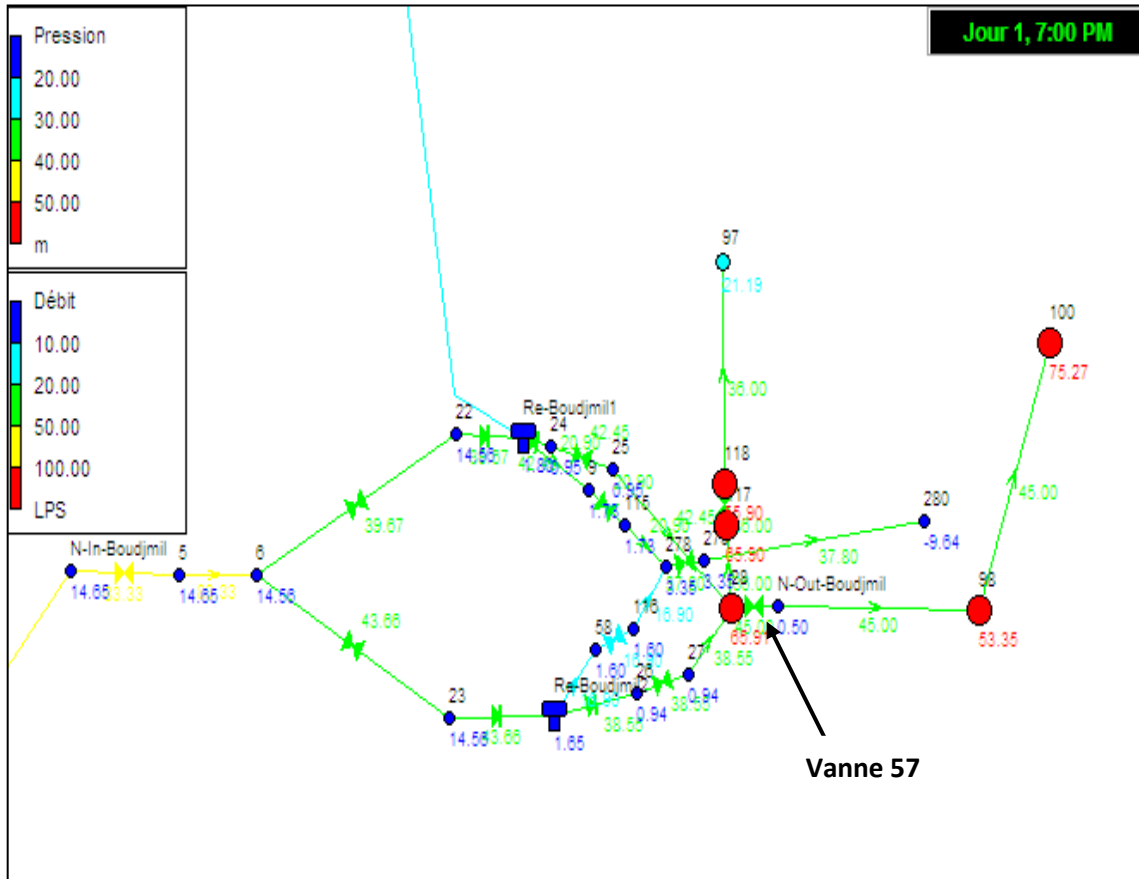


Figure 3-13 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Bouhannak à 19:00 (vanne 57 en régulation).

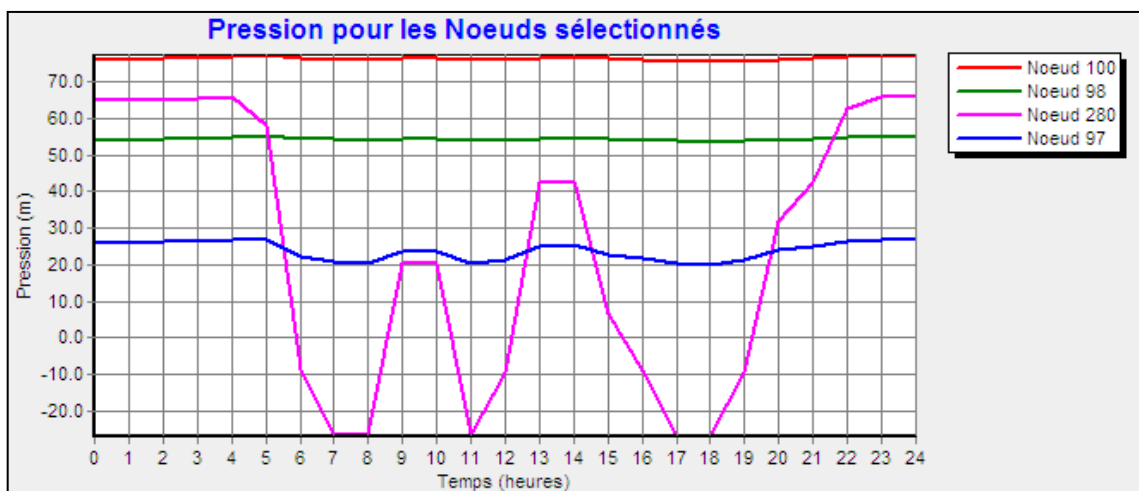


Figure 3-14 : Evolution de la pression au niveau des nœuds 97 et 280 (vanne 57 en régulation).

b. Débit

Pour ce qui est de débit, les principaux problèmes se localisent au niveau de cette région. Il s'agit d'un problème du remplissage des deux réservoirs de Boudjmil, le débit n'est plus suffisant pour satisfaire les besoins d'agglomération concernée, et l'eau ne peut être acheminée jusqu'aux réservoirs par le biais du pompage de Boudjmil.

Pour cette raison, il faut toujours régler la vanne à l'entrée de la conduite permettant l'alimentation de l'étage inférieur de cette agglomération pour laisser passer un débit suffisant aux autres zones et surtout celle d'El Habak qui a la côte la plus haut.

Les figures 3-16 et 3-17 montrent l'évolution des quantités d'eau entrantes ainsi que sortantes des réservoirs Boudjmil. Pour éclaircir les choses, nous avons ajouté la figure 3-15 dans laquelle tous les arcs qui nous intéressent ont été montrés.

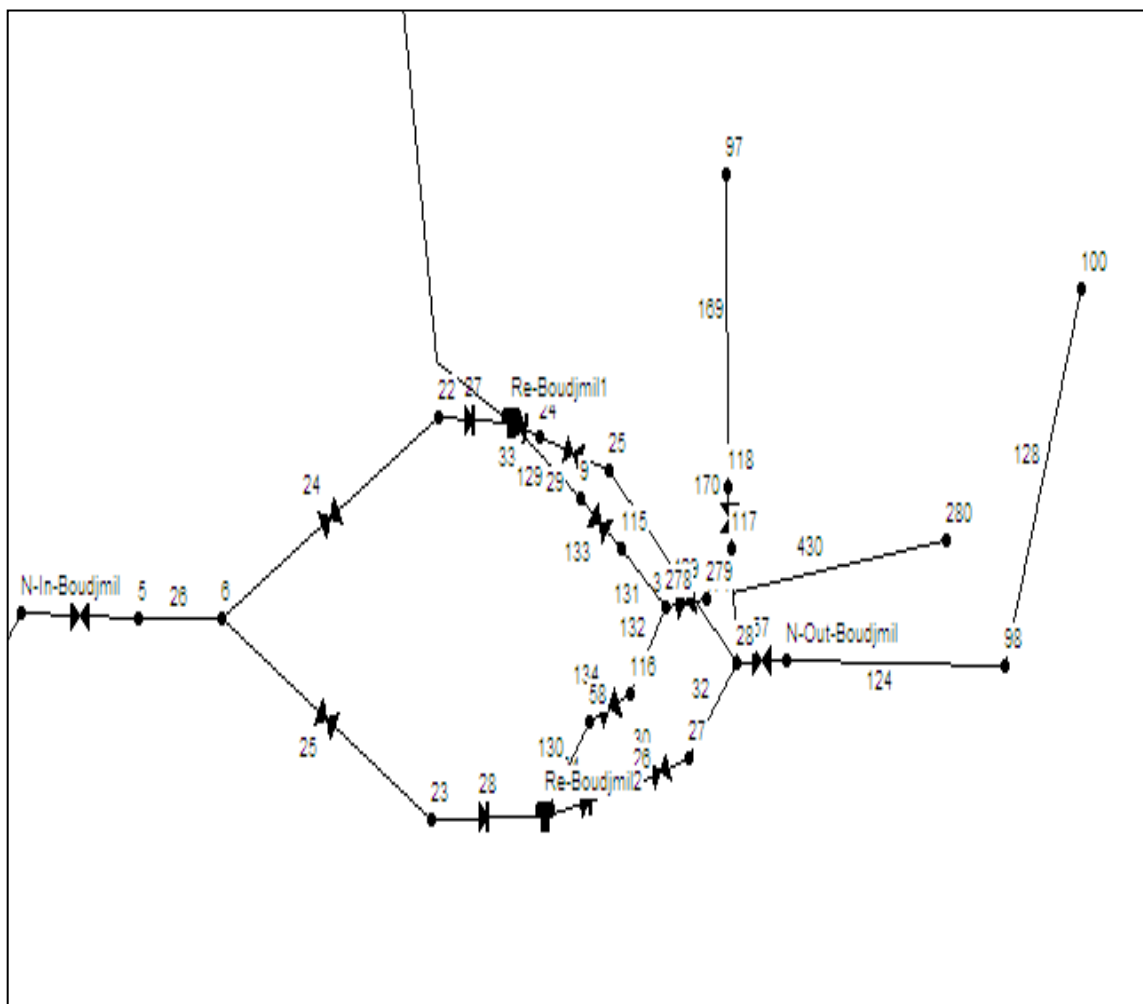


Figure 3-15 : extraction du réseau montrant les différentes conduites d'entrée et de sortie pour les réservoirs Boudjmil.

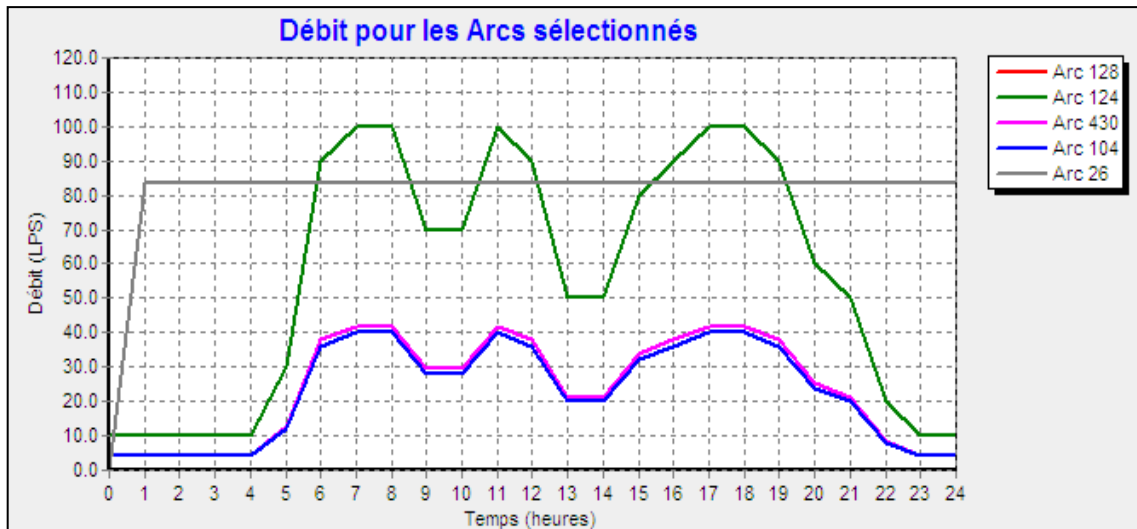


Figure 3-16 : Evolution du débit au niveau des conduites d'adduction et à Bouhannak (vanne 57 ouverte).

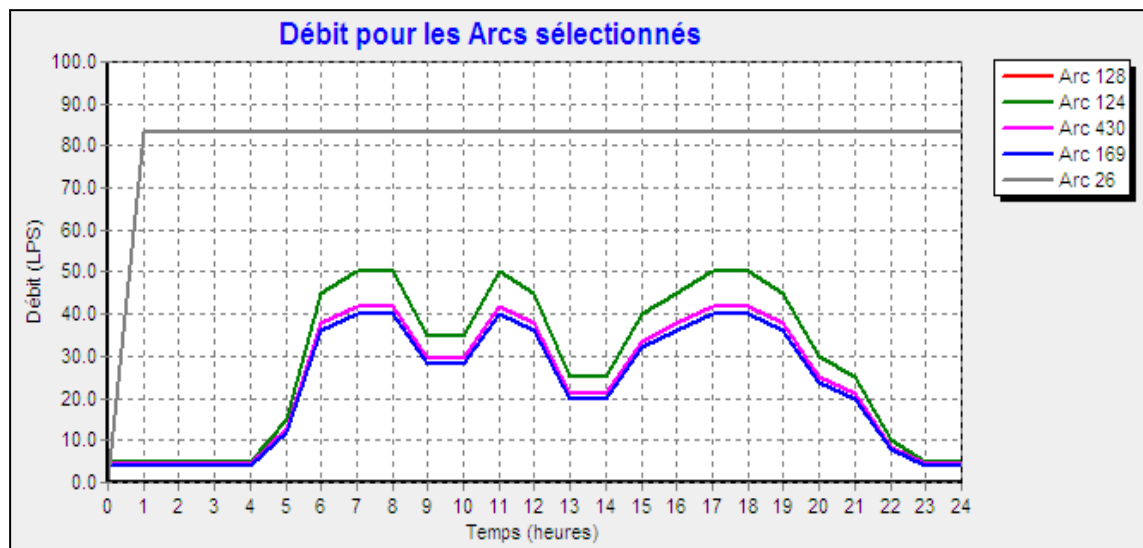


Figure 3-17 : Evolution du débit au niveau des conduites d'adduction à Bouhannak (vanne 57 en régulation).

c. Marnage

D'après la simulation qu'on a fait, on peut dire que les réservoirs de Boudjmil se vident entre 18 h et 22 h, c'est lorsque la vanne 57 est ouverte complètement, ainsi, il ne marne qu'une fois par journée. Par contre, lorsqu'on régularise cette vanne ces réservoirs ne se vident guère et ils atteignent un niveau minimal de presque 1,5 m.

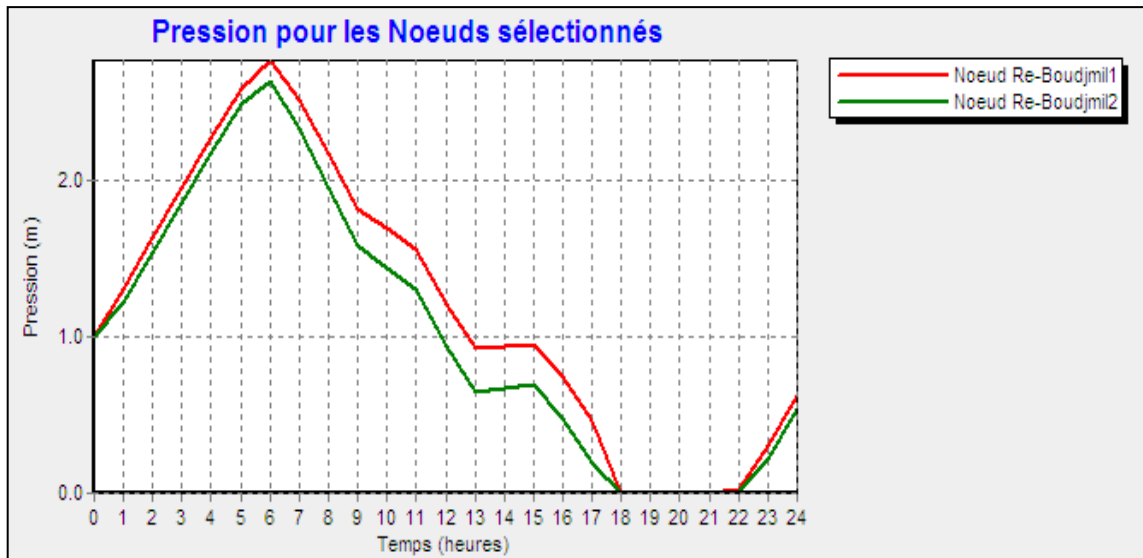


Figure 3-18 : marnage des deux réservoirs de Boudjmil (avant régulation de la vanne 57).

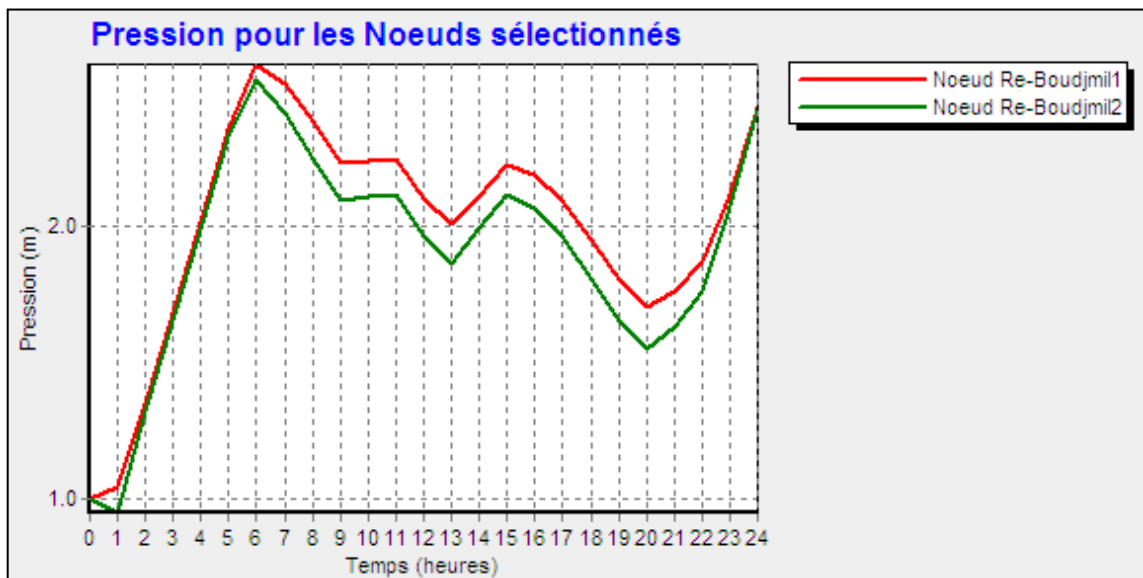


Figure 3-19 : marnage des deux réservoirs de Boudjmil (après régulation de la vanne 57).

6.2.2. Région alimentée par les réservoirs de Mansourah

a. Pressions

Ce qui concerne Sidi Saïd (nœud 47), la pression est évolue pendant toute la journée jusqu'à atteindre les 16 bars. Alors que pour le secteur d'Imama les résultats de la simulation avec Epanet ne montre aucun problème concernant la pression et ça pendant toute la journée.

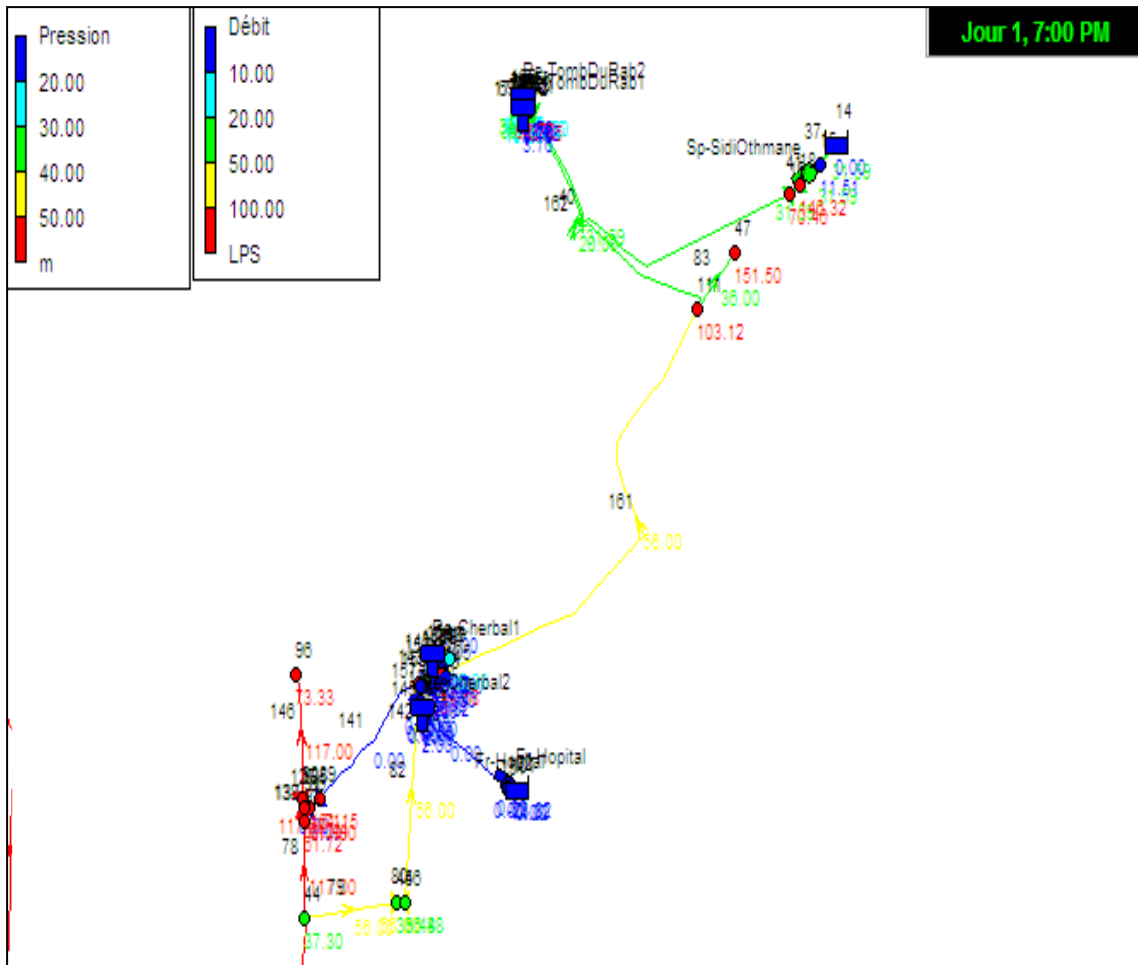


Figure 3-20 : Présentation de la pression pour les différents nœuds dans la région de Sidi Saïd et d'Imama à 19:00.

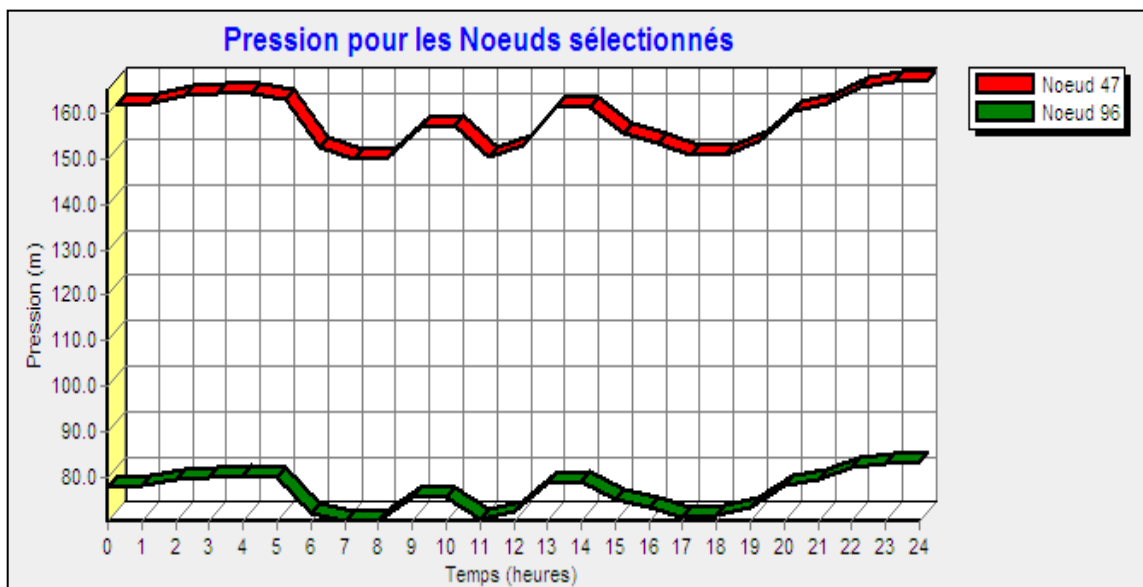


Figure 3-21 : Evolution de la pression au niveau des nœuds47 et 96.

b. Débits

En vu de la demande qu'on ait introduit, Epanet montre que le débit alimentant cette région est insuffisant. Ceci montre la fiabilité de nos observations du terrain ainsi que la bonne concordance entre notre modèle et la réalité sur terrain.

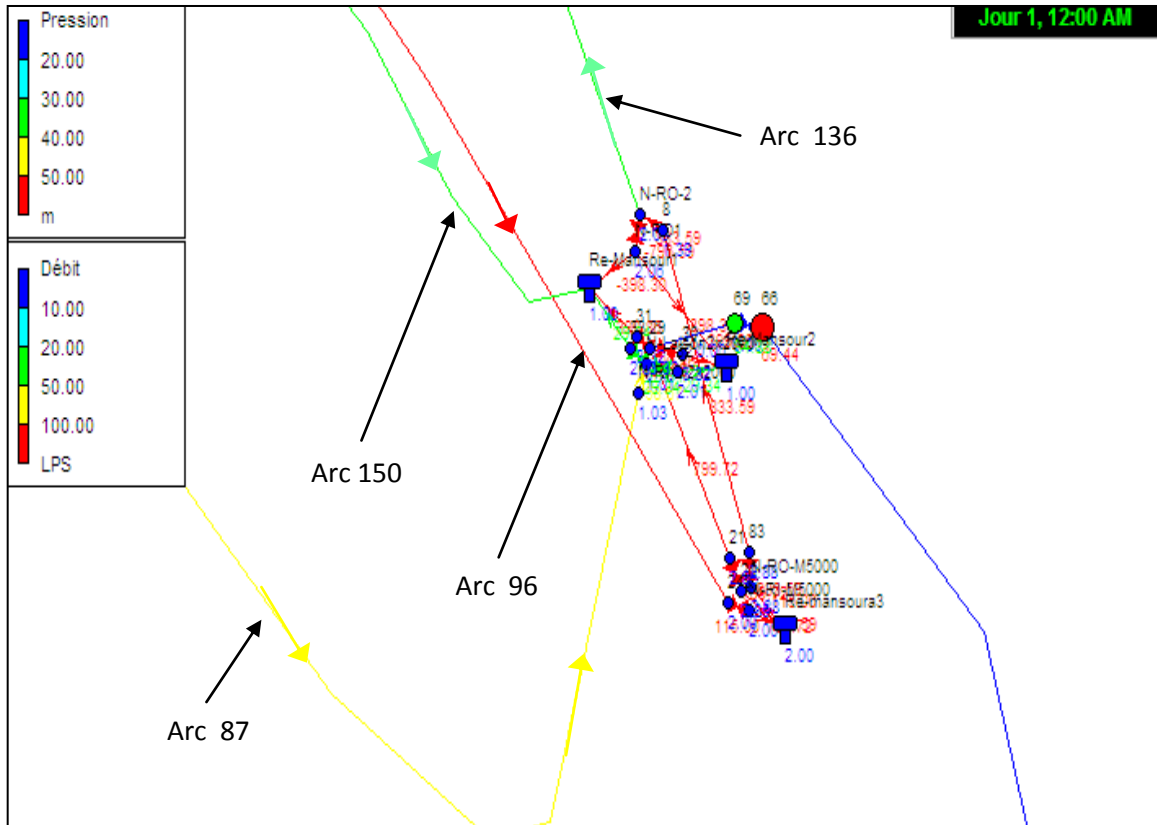


Figure 3-22 : Présentation des différentes conduites d'entrée et sortie des trois réservoirs de Mansourah.

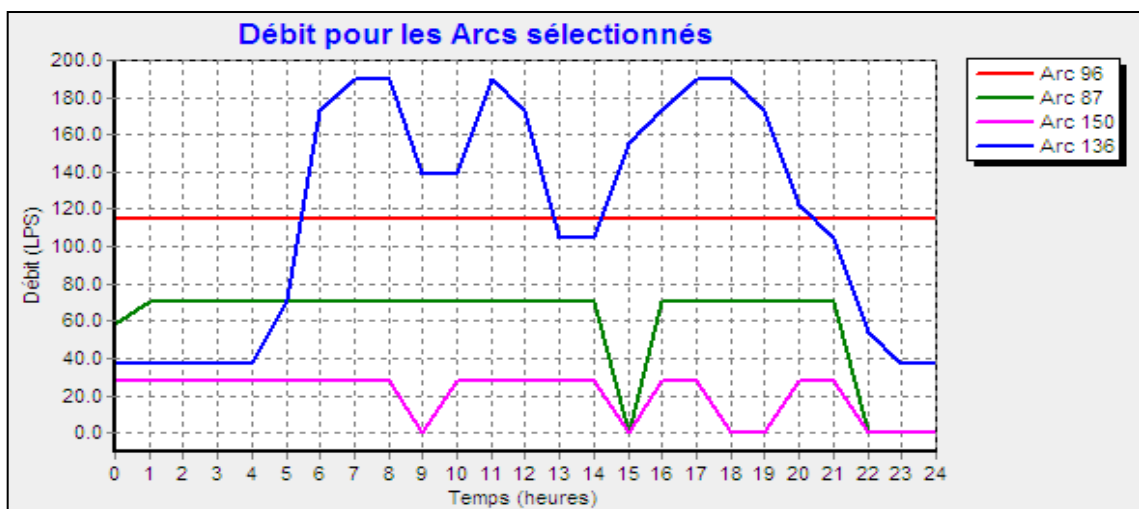


Figure 3-23 : Evolution du débit au niveau des conduites d'adduction pour les réservoirs Mansourah.

c. Marnage

Les réservoirs du secteur Mansourah marnent correctement dans l'ensemble ; d'une à plusieurs fois par jour. On note cependant qu'une partie d'entre eux marnent trop comme ceux de Mansourah 1 et 2. D'autres ne marnent pas assez comme celui de Mansourah 3.

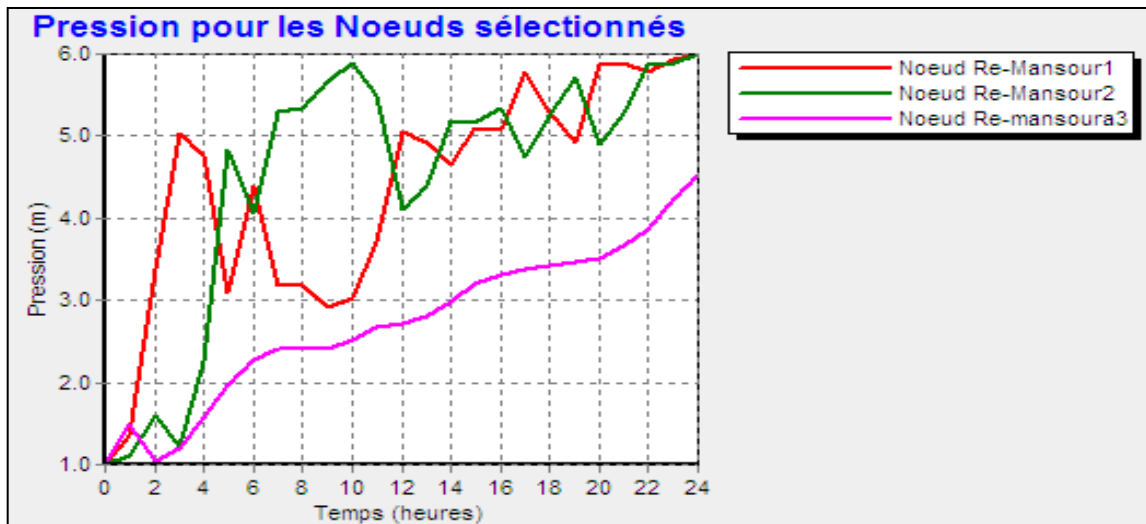


Figure 3-24 : marnage des réservoirs Mansourah 1, 2 et 3.

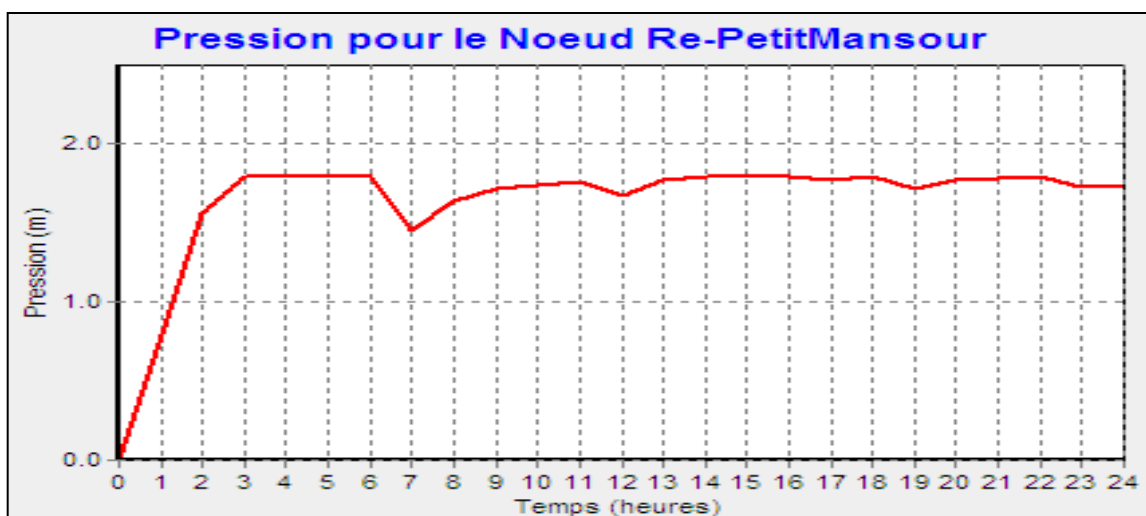


Figure 3-25 : marnage du réservoir Petit Mansourah.

d. Vitesse

Pour la totalité du réseau étudié, il n'y a pas de problèmes de vitesses trop importants. Elles sont toujours inférieures à la valeur limite de 2 m/s. Elles sont comprises entre 1 m/s et 1,5 m/s pour les grosses canalisations d'adduction. Mais pour la majeure partie du réseau, la vitesse reste faible (comprise entre 0,16 et 0,85 m/s).

7. Conclusion

Finalement, nous avons arrivés à la synthèse des différents problèmes détectés le long de ce chapitre au niveau du réseau d'adduction de Mansourah, soit à partir des sortie que nous avons effectué ou bien à l'aide des données et d'informations collectées au niveau de l'ADE et même d'après les abonnées. Cependant, le grand travail était réalisé grâce à l'Epanet, avec lequel on a pu cerner les points de disfonctionnements et les insuffisances du système.

Comme il fallait s'y attendre, les résultats montrent, généralement, un sous-dimensionnement, ce qui s'exprime par des pertes de pression importantes en heure de pointe. En effet, des pressions inférieures à la pression minimale souhaitable sont observées surtout dans la région de Bouhannak (El Habak et 400 Log.).

Ainsi, les zones de fortes pressions sont nombreuses et le nombre de régulateurs de pression n'est actuellement pas suffisant. Ces pressions sont enregistrées à Taghraret et aux 500 Logements où elles peuvent dépasser les 10 bars.

La cause principale de ce problème est la mauvaise réalisation des études de conception et de réalisation des ouvrages de réseau surtout les conduites. Ces études qui ne prennent pas en compte le long terme comme but, la chose qui oblige les services de l'ADE d'alimenter les quartiers par étage non pas seulement pour régler le problème de pression, mais aussi pour que le débit soit suffisant pour alimenter la totalité des abonnés.

En ce qui concerne les réservoirs, il y'en a un véritable problème de débordement. On parle spécialement de Mansourah 1, 2 et 3. Ce phénomène est rencontré surtout pendant les heures nocturnes (consommation est minimale) où les fonteniers doivent diminuer l'ouverture des vannes et même les fermer parfois. Ceci témoigne de l'insuffisance des conduites, reliant ces réservoirs au point de départ de la distribution, par rapport au débit transitant.

Ainsi, le remplissage des deux réservoirs de Boudjmil est difficile. C'est à cause de l'importance de la demande en aval par rapport à la quantité entrante aux dites réservoirs. Cette quantité issue du forage de Bouhannak en plus du BC1 via les deux réservoirs Tampon est insuffisante pour alimenter l'ensemble de la population de Bouhannak soit pour l'actuel ou bien pour le futur. En plus, l'eau arrive jusqu'aux réservoirs par pompage, ce qui constitue un problème importante en cas de panne électrique ou bien au niveau des pompes.

La difficulté qui nous a empêchés d'entamer la problématique des réservoirs du secteur par précision est l'interconnexion entre eux, qui caractérise non pas seulement Mansourah mais la totalité de GUT. Ceci est remarquable surtout au niveau des réservoirs Mansourah Tombeau du Raab (Kbassa) et aussi pour Cherbel 1 et 2.

Chapitre 3 : Diagnostic du réseau d'adduction d'eau potable de Mansourah

Finalement, on peut dire qu'après renforcement des ressources en eau alimentant le GUT avec le débit important d'eau dessalée (Souk Tlata actuellement), la desserte des abonnés en eau potable est plus satisfaisante et il ne reste que quelques problèmes à régler.

Pour cela, les forages et les stations de pompage de Tezghanit par exemple sont conservés en secours. On notera, alors, une diminution notable des frais qu'ils entraînent sur plusieurs points à savoir : L'alimentation électrique des pompes de refoulement et l'alimentation électrique des pompes des forages.

En plus des forages, les barrages (Sikkak et Béni Bahdel) vont être consacrés pour l'agriculture au lieu de l'alimentation en eau du GUT.

Alors, dans ce qui suit, on va essayer de résoudre la plus part de problèmes qu'on a en se basant sur l'Epanet, bien sur, et en respectant les capacités économiques que procède notre région.

Chapitre 04 : Interventions proposées

1. Introduction

Ce chapitre sera consacré à proposer des solutions pour les différents problèmes du réseau d'adduction du secteur concerné par notre étude. Il s'agira d'exposer brièvement les différentes approches qu'on a pu distinguer dans le chapitre précédent pour arriver, en fin, à des solutions raisonnables pour une gestion durable du réseau

Alors, en se basant sur la même hiérarchie dans le chapitre précédent on va présenter les différentes solutions qu'on a pu déduire après simulation sur EPANET en plus de quelques idées proposées en se basant sur notre expérience ainsi que nos informations de terrain.

Le model qu'on va proposer s'appuie sur les différents problèmes évoqué dans le chapitre 3 où on a distingué plusieurs embarras concernant la pression, le débit et le marnage des réservoirs. Ceci relève un défi non seulement du point de vu satisfaction des abonnées mais aussi concernant de la bonne gestion de la ressource.

2. Interventions proposées

Suite à la présentation de l'état actuel du réseau d'adduction du secteur Mansourah les mesures d'investissement dans le cadre d'un projet à court et à moyen terme se présentent comme suit :

2.1. Renouvellement du système d'adduction

Cette mesure sera la plus importante en vue d'une réduction efficace des pertes et de redimensionner les conduites sous dimensionnées ainsi que quelques accessoires du réseau à savoir : Les vannes, les ventouses, les compteurs. Cependant, les conduites d'adduction sont en bon état et doivent être maintenus dans la mesure du possible.

On proposer dans ce contexte quelque changements au niveau des conduites, et ceci pour deux régions :

2.1.1. La région alimentée par les réservoirs de Mansourah

En effet, la conduite principale qui faire sortir l'eau des réservoirs de Mansourah ayant un diamètre DN 400 mm doit être changée avec une autre conduite ayant un diamètre DN 800 mm.

Ce diamètre n'a pas été choisi au hasard, mais après des essais sur Epanet avec plusieurs diamètres, c'est-à-dire, jusqu'à atteindre le bon résultat concernant : la pression et aussi le débordement des réservoirs Mansourah.

Pour les réservoirs de Mansourah, on peut remarquer clairement, qu'après cette modification, ils ne débordent plus pendant toute la journée. Ainsi, la pression au niveau de tous les nœuds en tête de réseau de distribution est acceptable. C'est dans la figure 4-1 qu'on a montré cette proposition.

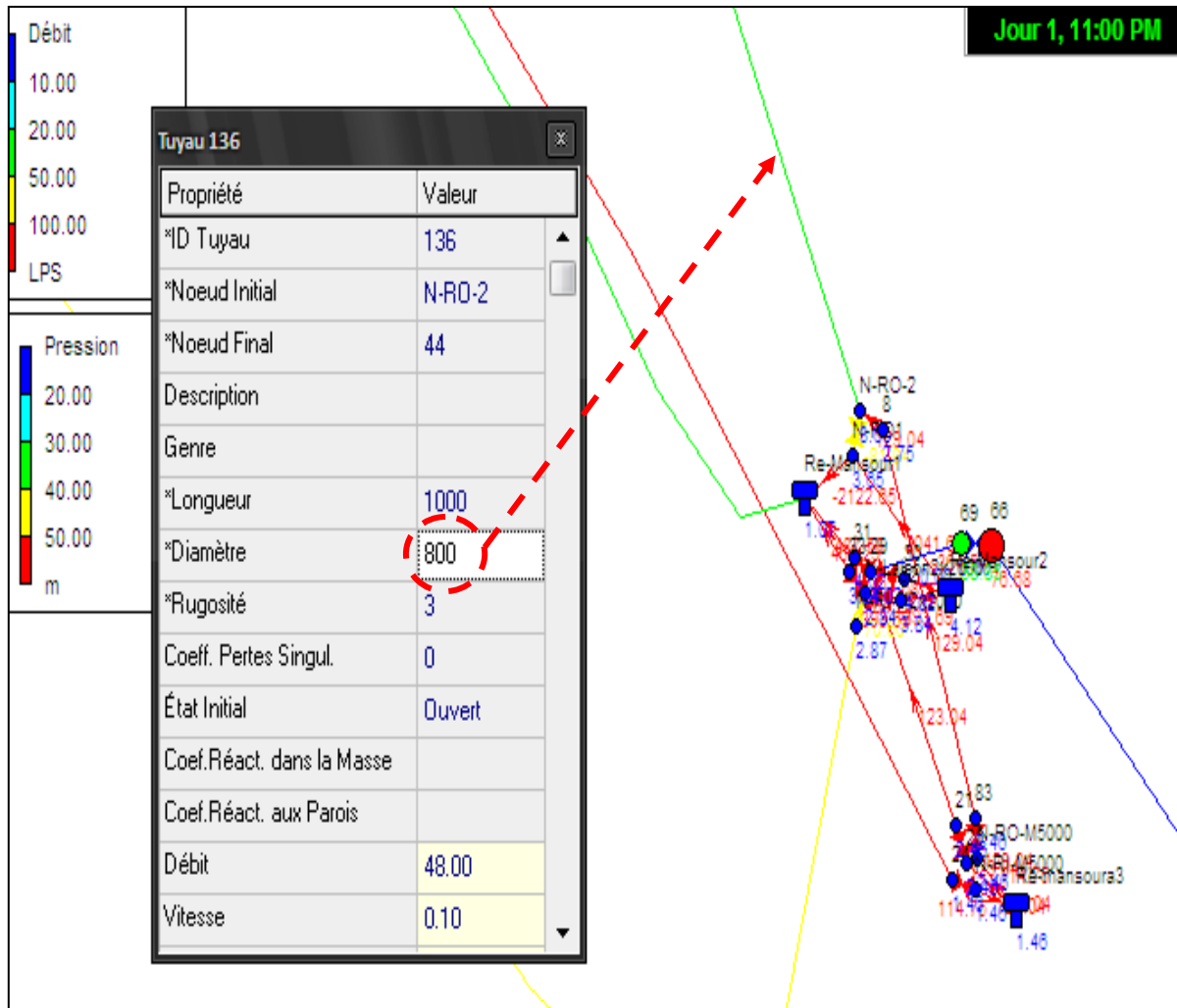


Figure 4-1 : Modification du diamètre de la conduite principale transitant l'eau d'après les réservoirs de Mansourah.

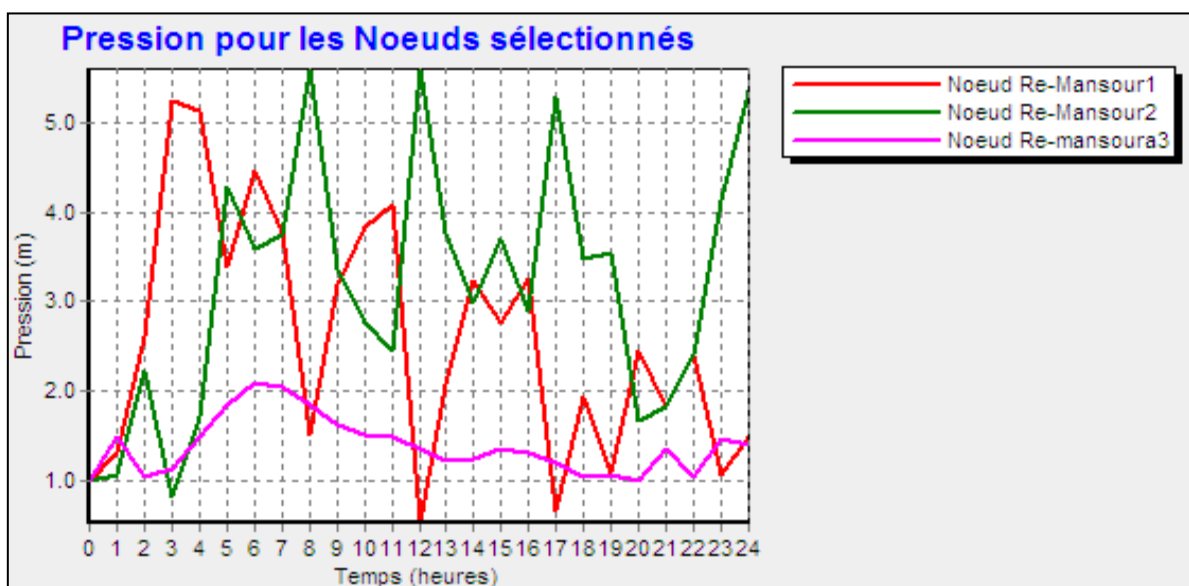


Figure 4-2 : Marnage des réservoirs de Mansourah.

2.1.2. La région alimentée par les réservoirs de Boudjmil

Egalement, la conduite d'adduction transitant le débit vers la cité des 400 logements à partir des réservoirs de Boudjmil (actuellement en DN 150 mm) doit être remplacée par une nouvelle conduite DN 200 mm, une mesure qui a permis de diminuer les pertes de charge dans cet adduction et par conséquent augmenter la pression jusqu'à atteindre des valeurs acceptables.

Le résultat montre une nette amélioration. Alors, pour les 400 logements la pression est réglée et reste pendant toute la journée comprise entre 5 et 7 bars.

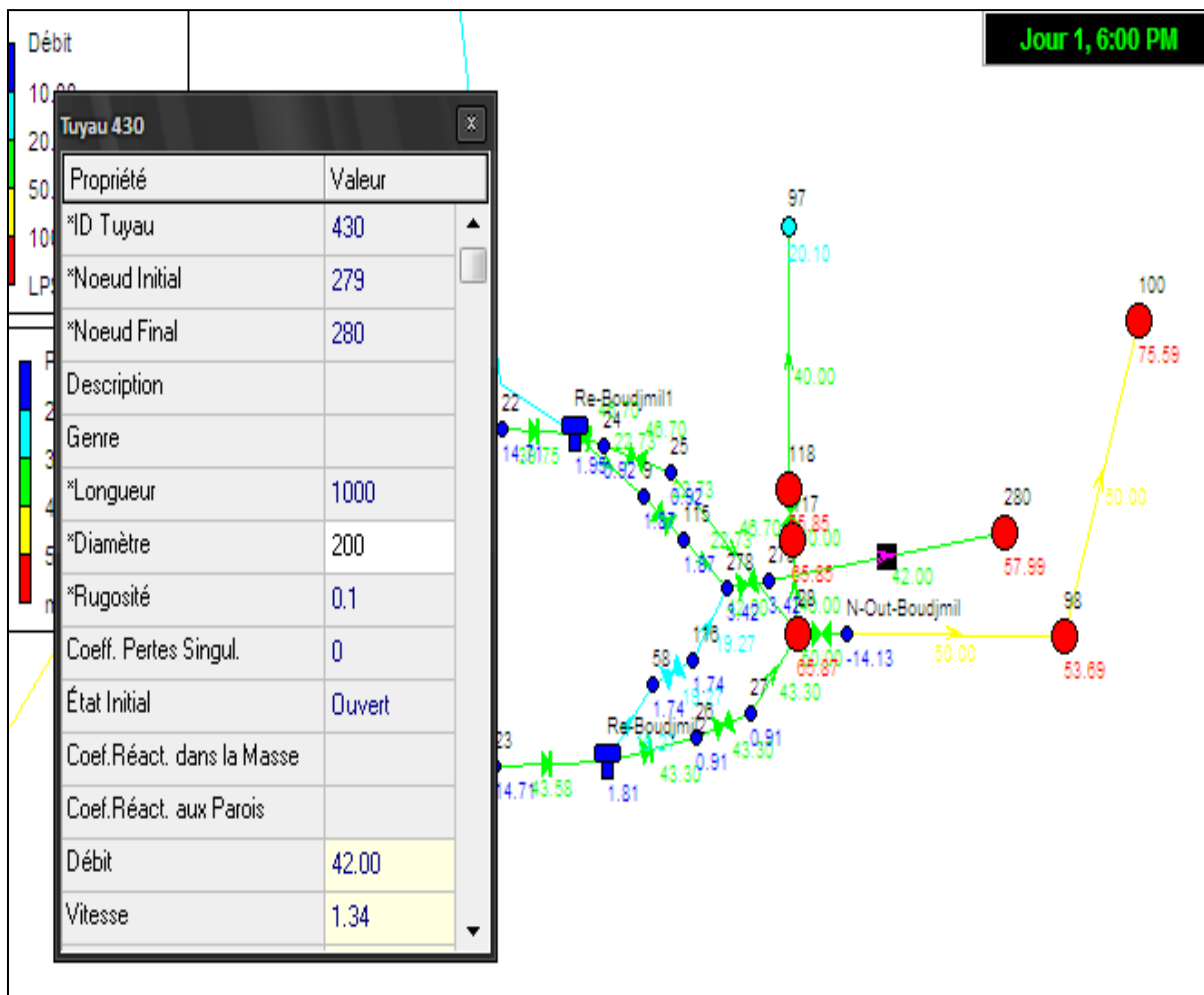


Figure 4-3 : Modification du diamètre de la conduite transitant l'eau au 400 Logts.

2.2. Réduction des pressions

Afin de résoudre ces problèmes de fortes pressions, il sera nécessaire de mettre en place des stabilisateurs de pression pour réduire celle-ci et atteindre des valeurs correctes (inférieures à 8 bars). Les conduites et les accessoires étant soumises à ces pressions sont très sollicitées et les risques de casses sont plus importants.

2.2.1. La région alimentée par les réservoirs de Mansourah

Les régions, qui subissent une forte pression ont besoin d'une vanne régulatrice de pression. En effet, nous avons effectué quelques modifications sur la vanne 83 permettant l'alimentation en eau de la région de Sidi Saïd (figure 4-4) en réglant sa fermeture pour faire face à la pression importante enregistrée à ce niveau.

De ce fait elle va assurer un bon fonctionnement continue de la distribution mais il faut signaler que la demande va être touché c'est à dire que les débits vont diminuer, c'est ce qui montre l'application de cette solution sur notre model informatique.

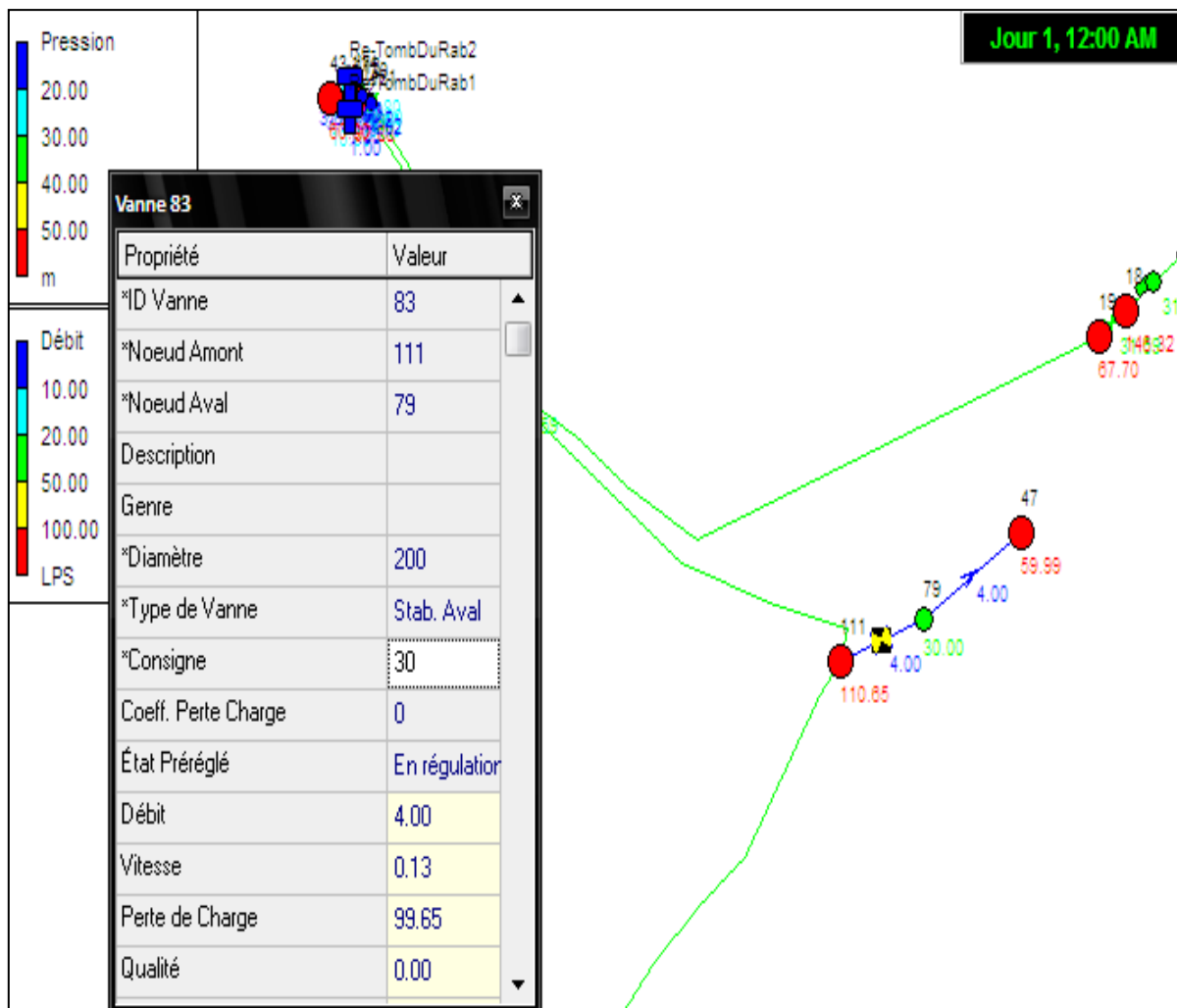


Figure 4-4 : Modification des caractéristiques de la vanne principale de Sidi Saïd.

2.2.2. La région alimentée par les réservoirs de Boudjmil

La même chose faite avec la vanne 83 et appliquée ici avec la vanne 57 qui permet l'alimentation en eau des 500 et 120 Logements de Bouhanak, c'est ce que nous avons montré dans la figure 4-5 suivante.

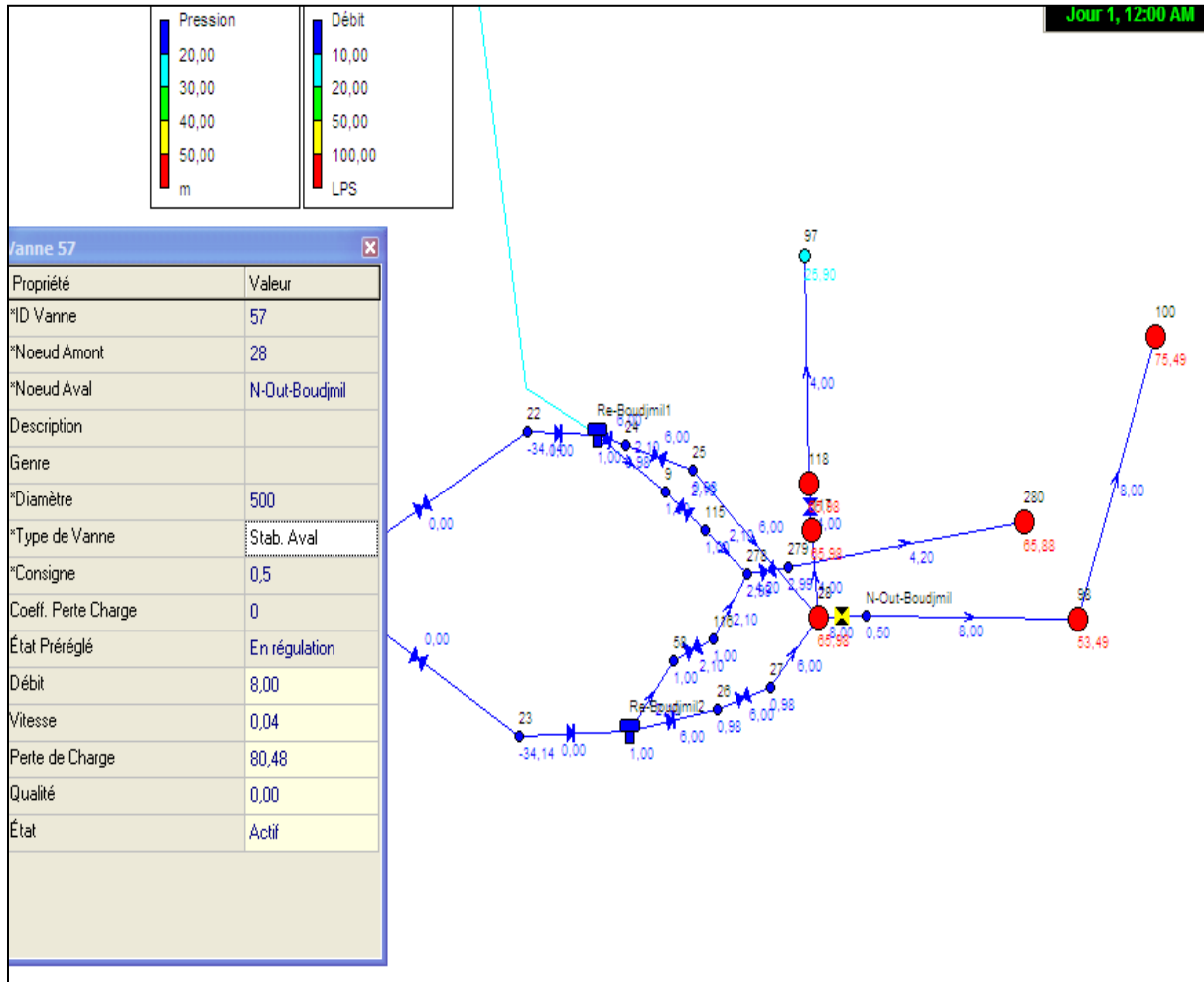


Figure 4-5 : Modification des caractéristiques de la vanne principale de Bouhanak.

2.3. Réhabilitation des ouvrages existants :

Ces mesures doivent comprendre :

2.3.1. La réhabilitation des réservoirs

Ça concerne, le génie civil, le renouvellement et l'adaptation de leur équipement hydraulique surtout les vannes qui représentent la cause principale des fuites. Ainsi, les compteurs qu'on doit les installer dans le cas d'absence ou bien les réparer en cas de défaillance.

2.3.2. La réhabilitation des stations de traitement

Il y a beaucoup de chose à dire à cette étape là, mais, ce n'est pas de notre but d'y détailler et il sera préférable de parler brièvement. Alors, à part la station de traitement Sikkak qu'elle a été réalisée récemment, les autre stations à savoir Lalla Setti (1 et 2) et Bouhlou doivent subir une certaine réhabilitation en ce qui concerne le génie civil (les filtres et bâtiments d'exploitation) et l'équipement et en particulier l'équipement de dosage et d'analyse.

2.3.3. Réhabilitation de forages existants

Il s'agit de forages qui resteront en service suite à la réduction de l'exploitation proposée. Les mesures comprendront : La régénération des forages colmatés ; La remise en état et l'adaptation des équipements électromécaniques et électriques selon les nouvelles exigences suite à la régénération et à la modification de leur raccordement au système.

2.4. Réparation des fuites et maitrise des pertes

Malgré toutes les campagnes de recherche et de réparation de fuites que l'ADE a lancées sur tout le territoire, il y'en a encore des pertes importantes d'eau surtout au niveau des différentes accessoires (vannes, joints ...).

Alors, dans le but de minimiser l'importance de ces pertes d'eau, il faut faire un effort plus important en ce qui concerne la réparation et le changement des organes mal fonctionnés. Ceci va permettre une réduction des coûts de fonctionnement de la commune, car cette eau perdue est une eau traitée (couteuse). Dans ce contexte, les différentes étapes et techniques nécessaires à utilisées sont présentées ci-dessous :

2.4.1. Le diagnostic permanent

Ceci demande un suivi quotidien des débits pour une détection rapide des anomalies associé à une capitalisation des données relatives aux caractéristiques du réseau et aux différentes interventions réalisées sur ce niveau. Il s'agit donc de mettre en place une sectorisation du réseau et de faire recours à une gestion informatisée.

a. La sectorisation

Jusqu'à présent, aucune sectorisation n'a été faite sur le réseau de GUT, pourtant, elle va construire une véritable innovation pour l'équipe d'exploitation.

- **Principe**

Cette opération consiste en un découpage du réseau en plusieurs zones distinctes sur lesquelles on peut suivre en temps réel des débits, de la température, de la concentration en chlore et de la pression sur le réseau.

Bien que cet outil n'ait pas été conçu initialement pour la recherche des pertes d'eau sur le réseau, il peut néanmoins être utilisé pour les évaluer par secteur. Alors, la mise en place de débitmètres à demeure permet de suivre le débit minimum journalier qui constitue un indicateur journalier. La recherche de fuite peut alors être ciblée par secteurs et les délais d'intervention sont réduits.

- **Choix du secteur**

Cette décision s'est basée sur les critères suivants :

- La zone retenue devait être suffisamment grande, aussi bien concernant le linéaire de conduite que le nombre d'abonnés. En effet, il ne semble pas judicieux de s'attarder sur un secteur où il n'y a que 500 ml et 10 abonnés par exemple.
- Un nombre de vannes de sectionnement qui permet définir les différentes zones constitutives du secteur. S'il y a en effet trop peu de vanne ou que le linéaire sectionné par celle-ci est trop important, il sera difficile d'effectuer, par la suite, une recherche acoustique de fuite de façon efficace.
- Le matériel dont nous disposons nécessite la présence d'un compteur sur la conduite de distribution au départ du réservoir. Cependant, sur la plus part des réservoirs, la majorité de compteur n'est présente sur site et même si on les trouve ils sont en arrêt.

- b. La gestion informatisée du réseau**

La gestion informatisée doit, donc, permettre l'amélioration de l'exploitation quotidienne du réseau et la programmation des interventions nécessaires. La mise en place de cette gestion se fait selon les étapes suivantes :

- La mise en place d'un Système d'Informations Géographiques ;
- La création d'un historique des données du réseau
- Le recours à l'outil Epanet. Ce logiciel présente l'avantage d'être un outil adapté et dédié à la gestion de réseau d'eau potable.

Alors, un Système d'Information Géographique est un outil indispensable pour une gestion efficace au quotidien du réseau. Ainsi, le SIG et la qualité des informations renseignées sont un préalable incontournable pour l'élaboration d'un programme de gestion efficace.

Ça fait des années que l'ADE a introduit le MapInfo comme un outil d'information géographique dans son travail dans un but de croiser les données relatives aux disfonctionnement constatés avec les caractéristiques physiques du réseau et son environnement.

Alors, voir l'importance de cet outil dans le domaine d'alimentation en eau potable de notre commune, il faut faire plus d'effort pour une bonne formation du personnel concerné.

2.4.2. La maîtrise de la relève des compteurs et de la facturation

La relève des compteurs est déterminante car si elle ne permet pas de réduire physiquement les pertes réelles en eau sur le réseau, elle impacte directement les résultats des indicateurs de performance, et en particulier le rendement et l'indice linéaire de perte.

Ainsi, la relève des compteurs doit permettre de détecter les erreurs de mesure, et en particulier :

- Les défauts de consommation liés à un blocage du compteur ou à un défaut de la tête émettrice permettant la radio relève,
- Les erreurs liées au sous comptage suite à un surdimensionnement du compteur ou à un compteur vieillissant.

2.4.3. Le contrôle de la pression de service,

Une réduction de la pression de service réduit non seulement les fuites mais également leur taux d'apparition, considérant que le contrôle de la pression prévient le vieillissement prématuré du réseau et réduit donc les risques de ruptures.

2.4.4. La recherche de fuite et la télé relève

Les compteurs peuvent être équipés d'un module radio qui enregistre en permanence le profil de consommation des abonnés et le transmet par liaison radio à un concentrateur. Associé à un suivi des débits enregistrés sur les points de comptage de la sectorisation, cet outil peut être très intéressant pour apprécier le débit de fuite d'un secteur et son évolution.

2.4.5. La gestion patrimoniale des réseaux

La dégradation des conduites et des vannes sur les réseaux d'eau potable est souvent lente et inaperçue et la mise en place d'un programme de gestion patrimoniale implique des investissements importants et une vision à long terme.

Les objectifs de gestion du réseau sont multiples : éviter les ruptures de services, assurer la qualité du service rendu, limiter les pertes en eau ou bien encore maîtriser les coûts d'exploitation.

Aujourd'hui, il n'existe pas en Algérie de « cadre national » imposant un programme pour une gestion patrimoniale durable des réseaux, compte tenu qu'il paraît difficile de fixer dans ce domaine un objectif de performance uniforme pour

tous les services d'eau, tant les enjeux économiques, sociaux et environnementaux sont particulièrement contrastés d'un service à l'autre.

2.5. Amélioration du travail des fonteniers

Voir mon contrat de travail avec l'ADE, il a été nécessaire d'accompagner les fonteniers sur le terrain pour effectuer certaines opérations de maintenance et aussi pour les assister dans des diagnostics techniques. Elle était vraiment une chance pour savoir plus sur leur travail et sur les difficultés qu'ils rencontrent.

En effet, il ne faut pas ignorer le rôle important que joue ces employés dans la gestion et l'exploitation du réseau d'AEP, non pas seulement de notre secteur mais de tout le GUT. Pour cela, il faut essayer d'améliorer la gestion de leur travail et d'augmenter leur efficacité.

Dans ce but, il faut faire des réunions hebdomadaires comprenant tout le personnel d'ADE et spécialement les fonteniers. Alors, ils doivent faire le point sur les tâches effectuées depuis la dernière réunion et prépare, ensuite, une liste d'actions prioritaires à effectuer dans les jours ou semaines à venir.

Ces réunions vont constituer le lieu d'échange privilégié avec les fonteniers, et permettent une amélioration à la fois de la communication entre les fonteniers et les responsables, ainsi que l'efficacité des employés communaux. Pour renforcer leur motivation, nous avons jugé qu'il est bon de faire intervenir le maire ou les adjoints au maire à certaines de ces réunions.

Alors, il faut essayer de motiver suffisamment les fonteniers sans les brusquer, pour augmenter leur rythme de travail, et pour changer leurs méthodes s'il est nécessaire.

2.6. Réalisation d'un schéma directeur d'eau potable

Face au manque de vision d'ensemble au sein de la commune concernant l'eau potable, et compte-tenu du manque de moyens techniques et humains pour faire face aux problèmes, il sera nécessaire de réaliser un schéma directeur d'eau potable. Il s'agit de se doter d'outils de gestion et d'aide à la décision afin d'assurer à la population une alimentation durable en eau potable.

Dans le cadre de cette étude, les tâches principales ont consisté à :

- Réaliser un inventaire le plus complet possible des réseaux d'adduction et de distribution, ainsi que des ouvrages de captage et de production, essentiellement à partir de la collecte des données disponibles auprès de la commune mais également directement à partir des informations recueillies sur le terrain ;
- Améliorer la connaissance du réseau d'eau potable par l'établissement et la mise à jour de plans ;

- Analyser le fonctionnement des installations et des réseaux et mettre en évidence les dysfonctionnements et les points noirs du réseau ;
- Inventorier les usages de l'eau ;
- Optimiser et sécuriser le réseau de production et de distribution pour garantir une alimentation qualitative et quantitative pérenne ;
- Etablir un programme d'actions chiffré et hiérarchisé visant à améliorer et à optimiser le fonctionnement du système (meilleure gestion des ressources, fiabilisation du service par renforcement des réseaux ou interconnexions,...) ;
- Acquérir les outils nécessaires et indispensables en matière de politique d'intervention et de prise de décision (modélisation informatique avec le logiciel «EPANET»).

3. Conclusion

Alors, les différentes simulations montrent que l'outil d'aide à la décision (Epanet) permet d'optimiser de manière efficace le fonctionnement du réseau d'AEP du secteur étudié. Il laisse une certaine liberté d'utilisation à plusieurs titres : D'abord, en permettant au gestionnaire de choisir parmi plusieurs politiques couvrant une large gamme de coûts, et en permettant à l'utilisateur d'adapter quelques paramètres en fonction de ses objectifs.

En effet, la simulation sur Epanet a, vraiment, facilité l'introduction de nos solutions proposées dans le réseau et a permis d'évaluer, par suite, leur efficacité sur terrain. Elle a été faite par itération en jouant sur les diamètres des conduites pour avoir une bonne pression au niveau de chaque nœud et des vitesses acceptables dans les canalisations. On a, aussi, ajouté des réducteurs de pression et joué sur la fermeture des vannes pour avoir, finalement, des débits suffisants pour alimenter la population désirée avec des pressions acceptables.

Après avoir pris connaissance du diagnostic de réseau et des solutions envisageables pour optimiser les fonctionnements actuel et futur de son système d'alimentation en eau potable, Mansourah devra hiérarchiser les travaux à réaliser à moyen et long terme selon la trame suivante :

- Priorité 1 : Recherche des fuites sur les réseaux d'eau et pose des compteurs où il est nécessaire ;
- Priorité 2 : Extension de la desserte en eau actuelle et alimentation en eau des projets futurs (agriculture par exemple) ;
- Priorité 3 : Amélioration de la qualité de l'eau et sécurisation de l'alimentation en eau du secteur (système de traitement, réservoirs, interconnexions) ;
- Priorité 4 : Réhabilitation des infrastructures existantes ;
- Priorité 5 : mise en place des outils de gestion des réseaux (ex : télégestion des infrastructures).

Conclusion générale

Ce travail a été lancé dans le cadre d'identifier les différents problèmes du réseau d'AEP du Secteur Mansourah et de faire des approches pour la résolution des problèmes existants dans ce réseau.

C'est pour cela qu'on a partagé notre travail en quatre parties afin que l'assemblage de l'étude soit très claire et charpenté.

- En premier pas, on a commencé par la localisation de la zone d'étude et la présentation du cadre démographique ainsi que des ressources hydriques de la région.
- Puis une étude statistique concernant les besoins actuels et futurs de notre agglomération et une détermination du déficit actuel et futur de notre contrée.
- La mise en œuvre d'un diagnostic du réseau d'AEP du Secteur Mansourah à l'aide du logiciel EPANET en faisant le calage du modèle avec des mesures prises sur le terrain d'une façon clandestine.
- A partir du diagnostic précédent on a essayé de proposer des solutions très appréciées pour l'état actuel et même future du réseau.

Après présentation des données et analyse des informations à l'aide de l'Epanet, nous avons pu détecter plusieurs problème au niveau de notre réseau, soit en ce qui concerne la pression, le débit ou bien le marnage des réservoirs. Pour faciliter notre mission, nous avons travaillé surtout en prenant compte les deux régions : Celle-ci alimentée par les réservoirs de Mansourah et l'autre desservie par les réservoirs de Boudjmil.

En fin, on doit dire que la gestion du réseau d'adduction du secteur Mansourah doit être prise d'une façon rationnelle pour les décideurs car cela c'est le défi qui va assurer la continuité du service dans le but de satisfaire les abonnés ainsi que de prévoir à l'avance les travaux à faire pour une bonne qualité de service, et essayer d'éviter, à tout prix, les solutions de pointe car ils seront très apprécié au moment actuel mais ils ne le seront jamais pour les moments futurs.

En vu du manque de données qu'on a rencontré le long de notre étude, on peut dire que ce mémoire reste encore incomplet et manque d'incertitude, cela a relève une problématique majeure pour la continuation du travail. Ceci nous a obligé à recourir à des mesures clandestines pour essayer au mieux de caller notre modèle, mais cela reste insuffisant car il faudra plus que cela pour donner l'idée qui s'approche le mieux de notre terrain, et qui peuvent nous aidez à faire le bon diagnostic et qui après nous aidera a faire des solutions très défini.

On est vraiment navré que notre travail n'a pas pu couvrir tout le réseau concernant les réseaux secondaires et tertiaires a cause de ces obstacles cité précédemment.

Enfin on espère que les étudiants qui vont continuer sur la même thématique de notre travail auront la chance d'avoir plus de données et d'aide au niveau des services et localité de gestion du réseau et que ce travail soit une initiation pour eux pour avoir un repéré.

Bibliographie

- [1] **ADE, 2003**, Etude de faisabilité du système AEP de la ville de Tlemcen et de la réhabilitation du Couloir Maghnia-Ghazaouet, Tlemcen.
- [2] **ADJIM H., 2004**, Evaluation et affectation des ressources hydriques superficielles du bassin versant de la Tafna, Th. de Magister en Hydraulique, Dép. d'Hydraulique, Fac. des Sciences de l'Ingénieur, Univ. Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- [3] **ANAT (l'Agence Nationale d'Aménagement du Territoire), 2010**, Evaluation Territoriale, Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Tlemcen - PATW - (Phase 1), Tlemcen.
- [4] **ANRH, 2001**, La carte d'état major de Tlemcen, 1/50.000.
- [5] **ARFA M. & BELKACEM F., 2010**, Etude et dimensionnement du transfert SOUK Tlata-Bouhlou, Mém. Ing. d'Etat en hydraulique urbaine, Univ. Abou Bakr Belkaid - Tlemcen.
- [6] **BENAMMAR S. A. & MANKOURI A., 2010**, L'apport de dessalement dans la nouvelle répartition des ressources en eau au niveau de la wilaya de Tlemcen, Mém. Ing. d'Etat en hydraulique urbaine, Univ. Abou Bakr Belkaid - Tlemcen.
- [7] **BERRAHMA B., 2009**, L'étude d'un nouveau schéma de répartition de ressources dans le groupement Urbain de Tlemcen, Mém. Ing. d'Etat en hydraulique urbaine, Univ. Abou Bakr Belkaid - Tlemcen.
- [8] **BESSEDIK M., 2003**, Pratiques de l'eau en situations de pénurie dans la ville de Tlemcen : Comportement des citadins face au rationnement de l'eau, Ed. Editions universitaires européennes, Grenoble – France.
- [9] **CHABAL C. & Cie, 1954**, La conduite d'Oran. Extrait de la HOUILLE BLANCHE – Numéro 2, Grenoble, France.
- [10] **DHW (Direction d'hydraulique de la wilaya de Tlemcen)**, Fiche technique des deux barrages Maffrouch et Sikkak.
- [11] **DIOUF P. & DIOUF M. O., 2005**, Conception et dimensionnement d'un réseau d'alimentation en eau potable et d'un système d'évacuation des eaux usées de la nouvelle ville de Diamniadio, Mém. Ing. de Conception en génie civile, Univ. CHEIKH ANTA DIOP, Dakar-Sénégal & Ecole supérieure polytechnique, Centre de Thiès-France.

[12] DPAT (direction de planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya), 2010, Rapport d'étude démographique de la wilaya de Tlemcen, Wilaya de Tlemcen.

[13] FRANCISCO FERREIRA F., 2002, Modèle hydraulique du réseau d'eau de la ville de Martigny, Centre de compétences en urbistique, CREM, Suisse.

[14] HORNGREN M-M., 2011, Mise en place d'une gestion patrimoniale pour l'amélioration du fonctionnement du réseau d'eau potable de la commune de Bourail (Nouvelle-Calédonie), Mémoire de fin d'étude, ENGEES (école nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg-France).

[15] MARCI M. & NACEF H., 2010, Transfert des eaux de dessalement Sakkak-Mansourah et BC1-Mansourah : Etude de faisabilité, Mém. Ing. d'Etat en hydraulique urbaine, Univ. Abou Bakr Belkaid - Tlemcen.

[16] ROSSMAN L. A., 2003, EPANET 2.0 - Simulation Hydraulique et Qualité pour les Réseaux d'Eau sous Pression, Manuel de l'Utilisateur (Version française), Direction Technique, Dép. Réseaux, Comptage et Investissements, Générale des Eaux, Paris – France. En collaboration avec: GRUPO IDMH. Dep. Ingeniería Hidráulica y M.A., Universidad Politécnica de Valencia Camino de Vera, Valencia – Espagne. Publiée le : 01/09/2003.

[17] TISSERANT A., Schéma directeur d'alimentation en eau potable du Syndicat des Communes Nord Atlantique de la Martinique, Mémoire de fin d'étude, ENGEES (école nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg-France).

Annexes

ANNEXE 01 : Bilan annuelle de la production des forages pour l'année 2009

	Nom de forage	volume produit (m3)	volume produit (Hm3)
Tlemcen	Ain Houtz	572750	0,57275
	Birouana 1	358197	0,358197
	Birouana 2	0	0
	Les Oliviers	0	0
	Djelisa	0	0
	Benzerdjeb	20721	0,020721
	Kiffane 2	0	0
	Hôpital	84972	0,084972
	Kssar chaara	1725	0,001725
	Sidi ferradje	7920	0,00792
	Koudia	420018	0,420018
	Oudjlida	123592	0,123592
	Fedeen Sebaa	423219	0,423219
	Mansourah	F1 Béni Mester	77756
F2 Béni Mester		538955	0,538955
F3 Béni Mester		581048	0,581048
F6 Béni Mester		294541	0,294541
SP2Béni Mester		295850	0,29585
F5Béni Mester		6350	0,00635
Mansourah2		0	0
MAnsourah1		0	0
Béni boublen1		0	0
Imama		0	0
Béni boublen2		193948	0,193948
Minaret		37351	0,037351
Bouhannak		120462	0,120462
Sp3	110045	0,110045	
Chatouane	Chetouane1	249964	0,249964
	Chetouane2	530738	0,530738
	Chetouane3	342963	0,342963
	Saf saf2	413985	0,413985
	Saf saf3	430808	0,430808
	Ain Defla	516167	0,516167
	Ouzidane	413577	0,413577
	Sidi outhmane	344340	0,34434
Totale		7511962	7,511962

ANNEXE 02 : Les débits produits pour le GUT en (l/s) pour l'année 2010

Désignation	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Total
St Lalla-Setti n°1	389171	285885	324847	301047	262979	296066	303376	360920	419002	305886	291332	285766	3826277
St Lalla-Setti n°2	178056	164897	128315	128041	163750	163789	152487	169029	181957	150847	146365	134183	1861716
SP Ain Bendou	21427	24192	26784	49248	48211	46656	48211	48211	41472	42854	41472	42854	481592
Source Fouara Sup	26784	24192	26784	25920	26784	25920	26784	26784	243328	24105	23328	26784	307497
Source Fouara inf.	13392	12096	13392	12960	13392	12960	13392	13392	12960	13392	12960	13392	157680
Forage A. E. Houtz	48270	47020	49150	49510	49760	46240	48736	50766	47707	46441	50850	51090	585540
Forage Saf Saf 2	17083	15370	19748	45100	43800	57100	64100	86700	51300	48000	489900	47000	544201
Forage chétouane1	25220	20484	24817	25237	24741	21928	23052	23117	24740	24145	7223	23128	267831
Forage mansourah2	A L'arrêt : déférence de pression sur conduite (Boudjmil)												
Forage Hôpital	21500	17175	920	4311	18946	16598	13338	20035	5262	5298	250	117	123750
Forage Benzerdjeb	0	0	0	0	0	0	6350	11494	21020	5298	21550	23140	106994
Forage Ouzidane	49315	44154	47116	39520	38720	39850	13650	216	73	70	4790	2125	279599
Forage minaret	2850	2204	2405	3015	31450	29130	3040	0	29120	24450	31390	28390	187444
Forage Saf Saf 3	31676	27553	39108	33095	34970	32816	50125	59871	58536	58289	58800	62440	547279
Forage Birouana1	29717	32469	32087	33970	34015	33935	33443	34476	32193	33248	33295	35786	396834
Forage Ain Defla	A L'arrêt accès de nitrates												
Forage Ksar Charra	A L'arrêt : déférence de pression sur conduite de refoulement												
Forage Imama	A L'arrêt : déférence de pression sur conduite (Boudjmil)												
Forage les olivier	Destiné pour les besoin de l'APC												
Forage Djelissa	A L'arrêt rabatement												
Forage Béni Boublène1	A L'arrêt : déférence de pression sur conduite (Boudjmil)												
Forage Kiffane 2	A L'arrêt rabatement												
Forage Cidi Faradj	Forage équipé : injection sur réseau (différence de pression)												
Forage Béni Boublène2	24268	3334	8595	3535	21178	24167	8097	1196	23124	18756	38548	38546	213394
Forage Bouhanak	22190	10600	1188	15455	15446	25159	8617	22190	22230	13150	16210	22710	195145
Forage chetouane2	41558	34885	36210	35523	34039	30964	33034	29044	28833	27804	45998	46512	424404
Forage Koudia	41040	35570	45050	40080	45291	41339	42930	46209	42391	44620	40880	45000	510400
Forage Feddane Sbaa	44901	25310	16520	43940	45340	40960	52828	43915	44980	40960	36350	27880	463884
Forage Oudjlida	8279	6451	1200	0	0	3706	20933	16552	5133	0	0	0	62254
Forage Sp3	22245	11684	4852	15178	18114	17120	15918	14961	13449	11602	12435	11255	168813
Forage Birouana2	A L'arrêt : Rabatement (développement programmé par la DHWT)												
Forage Mansourah1	A l'arrêt : défaut ligne moyen tension sur Forage												
Forage Sp2 Béni Mester	0	17034	26791	24179	54011	58827	61248	24024	31928	25336	26115	41930	213394
Forage 1 Tezghanit	0	12166	9595	353	134	5643	0	0	0	0	0	0	28141
Forage 2 Tezghanit	0	46750	53190	32540	33060	32450	52480	40180	45830	43370	47020	22020	448890
Forage 3 Tezghanit	0	45524	51903	30381	30190	31262	45805	39263	45154	37308	30664	18605	406059
Forage 6.Tezghanit	0	30806	29974	22164	3319	11674	22482	26344	25221	22560	24305	2975	221824
Forage 5.Tezghanit	A l'arrêt : Casse franche sur conduite de refoulement						10480	0	0	0		0	10480
Forage Sidi Outhmane	33650	40930	44580	42990	50720	48770	52170	52130	51510	53930	48330	52250	571960
Forage chetouane3	34108	33883	31037	30803	29824	29827	29780	30537	31047	30733	29888	11534	353001
Pq BB tem BC2	30270	13740	71690	39000	44550	52240	81510	98090	109410	62160	50440	67420	720520
Pq BB tem BC1	0	55653	72310	59970	58925	0	0	30500	100616	117000	116640	119920	731534
Pq BB A /Houtz	16365	18633	19592	21006	23081	21922	35920	32683	29780	13420	20736	20877	274015
Pq BB Oudjlida	40490	46660	56240	60060	47420	50690	106836	73296	70680	29890	49830	51800	683892
Transfer Sikkak-GUT	388816	327340	364824	359696	368825	385104	391221	382600	401600	407634	396366	407550	4581576
Totale	1600841	1534644	1680814	1627877	1714985	1734812	1872372	1908725	2071586	1800698	1803510	1784979	21135843

ANNEXE 03 : Les débits produits pour le GUT en (l/s) pour l'année 2008.

Désignation	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	octobre	Novembre	décembre	Total
ST LS 1	35.9	54.5	49.5	39.9	34.8	29.8	37.5	37.6	35	32.2	31.3	32	450
	1.92	0	/	9.6	8.5	7.4	6.1	7.3	4.9	19.6	21.03	21	107.35
S A BENDOU	3	3	3	3	3	3	3	3	2.9	6	6	6	38.9
S F SUP	10	10	10	10	10	10	10	10	9.6	10	10	10	119.6
S F INF	4	4	4.2	7	7	6.78	5	5	4.8	5	6	6	64.78
F SAF SAF 2	20.8	20.8	21.2	20.9	20.9	20.7	20.2	19.1	18.4	19.02	19.42	19	240.5
F SAF SAF 3	16.05	16.2	17.4	19	19.1	19.26	20.5	18	17.9	14.5	15.5	15	208.41
F OUZIDAN	24	24	24.1	23.9	24.01	22	24	23.8	41.5	22.9	22.8	21.8	298.81
F CHETOUANE 1	10.7	10.5	10.8	10.5	10.6	9.85	6.9	8.9	6.8	8.63	8.51	8.6	113.66
F A HOUTZ	20.5	20	20.3	22	21.9	20.17	19.8	20.0	18.8	19.7	20.6	20.4	244.2
F BENZERDJEB	8.01	8	8	8	8.12	7.8	6.09	6.3	6	6	6	6	84.32
F HOPITAL	Défaut électrique (intervention par SONELGAZ)												0
F MINARET	Rabatement			6	6	6	6	6	5.7	6	6	6	53.7
F MANSOURAH 2	Défiance de pression sur la conduite de refoulement												0
F BIROUANA 1	9.8	9.2	10.4	10	10.24	9.3	11.7	11	11.2	12.6	11.4	11.8	128.68
F A DEFLA	23.34	22.5	0	0	0	22.32	25.9	20	21.9	25.65	28.1	28.5	218.21
F LES OLIVIER	Défaut électrique-mécanique												0
F DJELISSA	A sec : rabatement												0
F IMAMA	Défiance de pression sur la conduite de ST Boudjmil												0
F B BOUBLENE 1	10.4	Défiance de pression sur la conduite de ST Boudjmil											10.4
F KIFAN 2	A l'arrêt : rabatement												0
F K CHAARA	2.5	2.6	26.1	Défiance de pression sur la conduite de refoulement									31.2
F B BOUBLEN 2	25	25	0	25.5	25.8	0	0	23.9	23.7	17.17	17.5	18	201.57
F BOUHNEK	5.6	5.6	5	0	6.3	9.4	12.2	0	7.3	12.1	14.2	14.5	86.2
F CHETOUANE 2	20	16	16	15	16	13	12	21	21	20	20	20	210
F KOUDIA	15.2	15	7.3	16.5	16.4	14	16.7	16.3	16.4	16	16.3	16	182.1
F F SBAA	23.2	26.3	26.7	28	24.8	22.6	27.5	31.3	31.3	31.2	31.6	31.5	336
F OUDJLIDA	6.5	6.9	6.7	6.6	6.7	6.22	6.32	6.03	6.8	5.5	5.7	5.5	75.47
F SP3	17	16.9	18.6	17.7	15.9	17.5	0	0	0	0	0	0	103.6
F BIROUANA 2	Rabatement +manque de développement par DHW												0
F CD FRRADJ	R abatement + eau turbide												0
F SP2	24.9	24.9	23.8	23	23.7	23.5	22.7	23.1	23.9	22.9	23	23	282.4
F1	/	/	/	11.2	9.2	9.6	7.8	7.5	7.4	7.3	7.17	7.0	73.87
F2	25.4	24.8	25.1	22.7	24.6	24.03	21.8	26.7	26.7	20.4	23.7	24	289.98
F3	24.9	22.9	24.5	24.5	24.1	23.91	23.3	23.1	21.3	22.2	22.1	23	279.8
F6	14.16	0	17.4	16.4	16.7	13.91	9.7	8.18	8.25	4.14	2.9	4	115.75
F5	/	17.8	15	15.1	14.8	13.17	6.48	8.2	21.31	0	21.3	21	154.23
F S OTHMANE	Mise en service juin 2008					10.7	21	19.9	19.8	18.5	16.2	16.5	122.6
T SIKKAK	176.5	170.9	173	171	175.2	153	155	150	145	150	150.16	145.5	1915.2
B B AH	5.7	6.13	5.6	5.1	5.3	5.2	6.26	6.8	7.3	6.7	4.5	5	69.5
BC2	6.3	2.7	2	6.7	0	0.4	0	5.11	5.3	4.9	4.7	5	43.11
BC1	0	0	0	0	0	2.9	25.4	30	35	26.4	28	30	177.7
P OUDJLIDA	0.32	0	0.7	0.9	0	7.18	8.2	5.67	8.05	5.11	0.7	0.9	37.73

ANNEXE 04 : Les débits produits pour le GUT en (l/s) pour l'année 2009.

Désignation	janvier	février	mars	avril	Total
ST LS 1	54.3	152.7	125.9	141	473.9
ST LS 2	39.15	55.6	63.67	67	225.4
S A BENDOU	11	11	11	11	44
S F SUP	15.8	15	17	17	64
S F INF	6	6	6	6	24
F SAF SAF 2	19.12	20.9	24.64	24.2	88.86
F SAF SAF 3	13.26	14.4	14.31	14.4	56.27
F OUZIDAN	20.10	20.3	20.29	12.8	73.49
F CHETOUANE 1	9.66	10.4	9.94	8.8	38.8
F A HOUTZ	17.65	19.2	20.49	21.5	78.84
F BENZERDJEB	0	0	5.06	4.8	9.86
F HOPITAL	DEFEAU ELECTRIQUE				0
F MINARET	5.52	5.6	5.5	4.9	21.52
F MANSOURAH 2	DEFRENCE DE PRESSION SUR LA CONDUITE DE ST BOUDJMIL				
F BIROUANA 1	11.7	12.11	12.51	19.6	55.92
F A DEFLA	33.2	25.8	25.72	25.7	110.4
F LES OLIVIER	DEFEAU ELECTRIQUE-MECANIQUE				0
F DJELISSA	RABATTEMENT				0
F IMAMA	DEFRENCE DE PRESSION SUR LA CONDUITE DE ST BOUDJMIL				0
F B BOUBLENE 1	DEFRENCE DE PRESSION SUR LA CONDUITE DE ST BOUDJMIL				0
F KIFAN 2	RABATTEMENT				0
F K CHAARA	DEFRENCE DE PRESSION SUR LA CONDUITE DE REFOULEMENT				0
F B BOUBLEN 2	RABAT+NECESSIT DEVELOPPEMENT PAR DHW				0
F BOUHNEK	13.98	10.7	10.25	10.4	45.33
F CHETOUANE 2	19.76	16.5	19.51	19.06	74.83
F KOUDIA	17.07	17.2	19.52	19.2	72.99
F F SBAA	31.4	31	31.6	30.7	124.7
F OUDJLIDA	5.78	5.8	5.86	6.66	24.1
F SP3	0	0	0	0	0
F BIROUANA 2	MANQUE DE DEVELOPPEMENT PAR DHW				0
F CD FRRADJ	RABATTEMENT +EAU TURBIDE				0
F MANSOURAH	MANQUE DE DEVELOPPEMENT PAR DHW				0
F SP2	24.24	24.2	23.01	18.6	90.05
F1	7.11	10	9.87	10.06	37.05
F2	23.46	23.4	23.44	18.7	89
F3	21.8	21.4	21.68	22.11	86.9
F6	16.7	16.5	16.67	14.6	64.4
F5	FUIT SUR LA CONDUITE DE REFOULEMENT				0
F S OTHMANE	19.73	20	20.23	19.04	79.09
F CHETOUANE 3	MISE EN SERVICE		16.33	15.7	32.03
T SIKKAK	138.06	127.4	148.5	135.5	549.7
B B AH	4.59	3.61	5.93	5.16	19.3
BC2	0	0	0	15.32	15.32
BC1	35	51	52	2.31	140.3
P OUDJLIDA	10.82	8.89	10.42	9.92	40.02

ANNEXE 05 : Consommation d'eau dans le GUT.

Tableau 1-3 : Variations des volumes consommés par la population de GUT [8].

Année	Volume consommé (m ³)			
	CAT1	CAT2	CAT3	CAT4
2000	3562144	366461	72085	296712
2001	3856381	482058	63787	278887
2002	4136118	490054	75636	288080
2003	4157306	496862	75963	283651
2004	4554819	1073080	72903	289562
2005	4256314	987485	71289	255260
2006	5158895	979142	86086	261375
2007	4878997	1157105	75702	205158
2008	5372177	1359411	80331	200423
2009	6320064	1800299	96723	201906
2010	5328232	1518960	80565	194201

Tableau 01 : Les besoins en eau potable de différentes communes de GUT pour l'année 2011.

	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	CAT ₁ (m ³ /j)	CAT ₂ (m ³ /j)	CAT ₃ (m ³ /j)	CAT ₄ (m ³ /j)
Calcul	A	B	C=A*B/1000	D=30%*C	E=5%*C	F=10%*C
Tlemcen	143175	80	11454	3436,2	572,7	1145,4
Mansourah	55308	80	4424,64	1327,392	221,232	442,464
Chatouane	53237	80	4258,96	1277,688	212,948	425,896
Totale	251720	80	20137,6	6041,28	1006,88	2013,76

Tableau 03 : Les besoins en eau potable de différentes communes de GUT pour l'année 2015.

	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	CAT ₁ (m ³ /j)	CAT ₂ (m ³ /j)	CAT ₃ (m ³ /j)	CAT ₄ (m ³ /j)
Calcul	A	B	C=A*B/1000	D=30%*C	E=5%*C	F=10%*C
Tlemcen	146643	100	14664,3	4399,29	733,215	1466,43
Chatouane	60152	100	6015,2	1804,56	300,76	601,52
Mansourah	62979	100	6297,9	1889,37	314,895	629,79
Totale	269774	100	26977,4	8093,22	1348,87	2697,74

Tableau 05 : Les besoins en eau potable de différentes communes de GUT pour l'année 2020.

	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	CAT ₁ (m ³ /j)	CAT ₂ (m ³ /j)	CAT ₃ (m ³ /j)	CAT ₄ (m ³ /j)
Calcul	A	B	C=A*B/1000	D=30%*C	E=5%*C	F=10%*C
Tlemcen	151094	120	18131,28	5439,384	906,564	1813,128
Mansourah	74079	120	8889,48	2666,844	444,474	888,948
Chatouane	70072	120	8408,64	2522,592	420,432	840,864
Totale	295245	120	35429,4	10628,82	1771,47	3542,94

Tableau 02 : Les besoins en eau potable de différentes communes de GUT pour l'année 2025.

	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	CAT ₁ (m ³ /j)	CAT ₂ (m ³ /j)	CAT ₃ (m ³ /j)	CAT ₄ (m ³ /j)
Calcul	A	B	C=A*B/1000	D=30%*C	E=5%*C	F=10%*C
Tlemcen	155682	150	23352,3	7005,69	1167,615	2335,23
Mansourah	87136	150	13070,4	3921,12	653,52	1307,04
Chatouane	81628	150	12244,2	3673,26	612,21	1224,42
Totale	324446	150	48666,9	14600,07	2433,345	4866,69

Tableau 04 : Les besoins en eau potable de différentes communes de GUT pour l'année 2030.

	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	CAT ₁ (m ³ /j)	CAT ₂ (m ³ /j)	CAT ₃ (m ³ /j)	CAT ₄ (m ³ /j)
Calcul	A	B	C=A*B/1000	D=30%*C	E=5%*C	F=10%*C
Tlemcen	160409	200	32081,8	9624,54	1604,09	3208,18
Mansourah	102494	200	20498,8	6149,64	1024,94	2049,88
Chatouane	95090	200	19018	5705,4	950,9	1901,8
Totale	357993	200	71598,6	21479,58	3579,93	7159,86

Tableau 06 : Les besoins en eau potable de différentes communes de GUT pour l'année 2040.

	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	CAT ₁ (m ³ /j)	CAT ₂ (m ³ /j)	CAT ₃ (m ³ /j)	CAT ₄ (m ³ /j)
Calcul	A	B	C=A*B/1000	D=30%*C	E=5%*C	F=10%*C
Tlemcen	170297	250	42574,25	12772,275	2128,7125	4257,425
Mansourah	141809	250	35452,25	10635,675	1772,6125	3545,225
Chatouane	129039	250	32259,75	9677,925	1612,9875	3225,975
Totale	441145	250	110286,25	33085,875	5514,3125	11028,625

ANNEXE 06 : Coefficients nécessaire pour le calcul mathématique d'Epanet.

Tableau 3.3 Coefficients de Pertes de Charge Singulières pour une Sélection de Vannes et Raccords

Accessoire	Coeff. perte singulière
Vanne à boule, entièrement ouverte	10
Vanne à angle, entièrement ouverte	5
Clapet antiretour à battant, entièrement ouvert	2,5
Vanne, entièrement ouverte	0,2
Coude de petit rayon	0,9
Coude de rayon moyen	0,8
Coude de grand rayon	0,6
Coude de 45°	0,4
Coude de 180°	2,2
Té standard- flux droit	0,6
Té standard, flux dévié	1,8
Entrée brusque	0,5
Sortie brusque	1,0

Tableau 3.2 Coefficients de Rugosité pour les tuyaux neufs.

Matériau	Coeff. Hazen-Williams (universel)	ϵ de Darcy-Weisbach (mm)	η de Manning (universel)
Fonte revêtue	130-140	0,25	0,012-0,015
Béton ou Revêt. De béton	120-140	0,3-3,0	0,012-0,017
Fer Galvanisé	120	0,15	0,015-0,017
Plastique	140-150	0,0015	0,011-0,015
Acier	140-150	0,03	0,015-0,017
Céramique	110	0,3	0,013-0,015

Tableau : de correspondance entre les différents coefficients.

Coeff. Hazen-Williams	95	106	116	130	136	141	145	146,5
Darcy-Weisbach en mm	2	1	0,5	0,25	0,1	0,05	0,025	0