

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Hydraulique

Mémoire de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du
Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

**Diagnostic et réhabilitation du réseau
d'alimentation en eau potable de la commune de
Beni Douala**

Dirigé par :

Dr. BENMAMAR S.

Etudié par :

Mr BOULKARIA Mehenni

Mr OULD FELLA Smail

Promotion juin 2010

Dédicace

*Ce travail est dédié à tous ceux pour qui nous comptons, et
à tous ceux qui comptent pour nous.*

Meheni& Smail

Remerciements

Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé à réaliser cette étude notamment Mlle.Benmamar.S.

Nos remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué à notre formation.

Meheni & Smail

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو التسيير الأمثل لشبكة تزويد المياه الصالحة لشرب لبلدية بني دوالة. إن انجاز لنموذج هيدرو تقني، سمح بتشخيص الشبكة وتحديد المناطق التي تواجه مشاكل. انطلاقا من هذا المنطق، الانجازات ووضع مخطط التجديد قد اقترحت. الانجازات المقترحة، سمحت بضمان الكمية و الضغط المطلوب في المناطق الصعبة لعام 2030. تجديد الأنابيب الأكثر تدهورا لتجنب الانكسارات على هذه الأخيرة.

كلمات مفاتيح : تشخيص، شبكة، ضغط، أنابيب، نموذج

Résumé :

L'objectif de la présente étude est d'optimiser la gestion du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Beni Douala.

Une étude diagnostique du fonctionnement des installations du réseau est effectuée, aboutissant en particulier à la construction d'un modèle numérique du réseau sur le logiciel Epanet. Ce dernier permet d'identifier les insuffisances hydrauliques que l'on devra combler pour assurer la desserte en eau des abonnés de manière satisfaisante.

Les aménagements et le plan de renouvellement proposés permettront d'assurer la quantité et la pression demandée dans les zones à difficultés pour 2030.

Le renouvellement des canalisations les plus détériorées permettra d'éviter au maximum les ruptures sur ces dernières.

Mots clés : Diagnostic, réseau, pression, canalisations, modèle.

Abstract :

The objective of this study is to optimize the management of the distribution network of drinking water of town of Beni Douala.

A diagnosis study of the operation of the installations is carried out, which allows us to calibrate the hydraulic model of the network on the Epanet software. According to the analysis of hydraulic model, we identify the hydraulic deficiencies that we should take into account in order to enhance the network performance and ensure the delivery of the consumers in the right way.

The installations and the plan of renewal which were proposed will make it possible to ensure the quantity and the pressure required in the difficult zones 2030.

The renewal of the most deteriorated canalizations will make it possible to avoid to the maximum the ruptures of these last.

Key words : Diagnosis, network, pressure, canalizations, model.

Liste Des Tableaux

Tableau I- 1 : Précipitations mensuelles.....	3
Tableau I- 2 : Températures mensuelles.	3
Tableau I- 3 : Evolution de la population des différent zones (source APC de Beni Douala).....	11
Tableau I- 4 : Population de Beni Douala pour différents horizons.....	12
Tableau I- 5 : Population de chaque village pour différents horizons	13
Tableau I- 6 : Débit moyen des différent consommateurs	15
Tableau I- 7 : Débit moyen des diffèrent consommateurs	15
Tableau I- 8 : Variation du coefficient β_{\max}	17
Tableau I- 9 : Variation du coefficient β_{\min}	18
Tableau I- 10 : Différents débits pour chaque village pour l'horizon 2010	20
Tableau I- 11 : Différents débits pour chaque village pour l'horizon 2030	21
Tableau III- 1 : Caractéristiques des forages du champ captant Bouaid	37
Tableau III- 2 : Caractéristiques des forages du champ captant Takhoukht	37
Tableau III- 3 : Fiche technique des groupes électropompes	39
Tableau III- 4 : Fiche technique des groupes électropompes	39
Tableau III- 5 : Fiche technique des groupes électropompes	40
Tableau III- 6 : Fiche technique des groupes électropompes	40
Tableau III- 7 : Caractéristiques techniques des réservoirs.....	41
Tableau III- 8 : Caractéristiques techniques et état des conduite de la zone Nord	47
Tableau III- 9 : Caractéristiques techniques et état des conduite de la zone Sud	48
Tableau III- 10 : Caractéristiques des conduites de distribution du chef lieu.....	49
Tableau IV- 1 : Dotation domestique fonction de la typo morphologie de l'habitat	65
Tableau IV- 2 : Coefficients de variation de la consommation moyenne	66
Tableau IV- 3 : Variation ΔV en fonction du temps	71

Liste Des Figures

Figure I-1 : Réseau hydrographique du bassin versant de Sébaou (Source : A.N.B.T)	4
Figure I-2 : Répartition de la population de la commune de Beni Douala	10
Figure I-3 : Evolution de la population des différentes zones de la commune.....	11
Figure I-4 : Population des différentes zones pour différents horizons.....	13
Figure II-1 : Différentes étapes du diagnostic d'un réseau d'A.E.P.....	27
Figure III- 1 : Deux réservoirs 2X1000 m ³ de Djouad.....	42
Figure III- 2 : Réservoir 500 m ³ d' Icherdiouene Oufella.....	42
Figure III- 3 : Réservoir 200m ³ Taguemount Oukerrouch.....	43
Figure III- 4 : Réservoir 200m ³ Taguemount Oukerrouch.....	43
Figure III- 5 : Réservoir 200m ³ Ichardiwen Bwadda.....	43
Figure III- 6 : Réservoir 500 m ³ Ait Bouyahia	44
Figure III- 7 : Réservoir 200m ³ Ighil Hamou.....	44
Figure III- 8 : Réservoir 75m ³ d'Ighil Mimoune.....	44
Figure III- 9 : Réservoir 2x200m ³ Taboudrist et Ait Hellal.....	45
Figure III- 10 : Réservoir 200 m ³ Ait Ali Ouali.....	45
Figure III- 11 : Réservoir 300 m ³ Tamaghoucht.....	45
Figure III- 12 : Réservoir 200 m ³ Sidi Messaoud.....	46
Figure III- 13 : Réservoir 100 m ³ Tala Khellil.....	46
Figure IV-1: Schéma illustratif de la loi des mailles dans un réseau d'eau potable	58
Figure IV-2 : Schéma du réseau d'adduction de la zone d'adduction Nord	62
Figure IV-3 : Schéma du réseau d'adduction de la zone d'adduction Sud	63
Figure IV-4 : Schéma du réseau de distribution du chef lieu	64
Figure IV-5 : Schéma du profil des consommateurs domestiques	65
Figure IV-6 : Schéma représentant les pressions et les vitesses résultant de la simulation.....	66
Figure IV-7 : Schéma représentant les conduites ayant des vitesses importantes.....	67
Figure IV-8 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau nœuds des villages Ait idir, Ighil Mimoune, Ait ali Ouali et Ait Bouali.....	68
Figure IV-9 : Schéma représentant la variation de la pression au niveau du réservoir Djouad.	68
Figure IV-10 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ait Bouyahia, Ait Khelfoune et Beni Douala centre.	69
Figure IV-11 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ighil Hamou, Tala Khellil et Tamaghoucht.	70
Figure IV-12 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Taddart Oufelle, Ait Iddir, Ait Ali Ouali, Ighil Mimoun et Sidi Messaoud	70
Figure IV-13 : Schéma illustrant les conduites et réservoir projetés	73
Figure IV-14 : Schéma représentant les pressions et les vitesses résultant de la simulation	73
Figure IV-15 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau du réservoir Djouad.....	74
Figure IV-16 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ichardiouene Oufella, Taguemount Oukerrouche 1 et Taguemount Oukerrouche 2.....	75
Figure IV-17 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ait Mesbah et Icherdiouene Bwadda.....	75
Figure IV-18 : Schéma représentant la variation de la pression au niveau du réservoir Lekka Ferhat	76
Figure IV-19 : Schéma représentant les pressions et les vitesses résultant de la simulation	77
Figure IV-20 : Schéma représentant la variation des vitesses au niveau des conduites C37, C38, C39, C43 et C44.	77
Figure IV-21 : Schéma représentant la variation des vitesses au niveau des conduites C37, C38, C39, C43 et C44 après leur remplacement	78

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I Description du réseau de la région de Beni Douala	
1. Situation géographique	2
2. Géomorphologie	2
3. Situation climatologique	2
3.1 Climat	2
3.2 Pluviométrie	3
3.3 Température	3
3.4 Vent	3
4. Hydrologie et Hydrogéologie	3
4.1 Réseau hydrographique	3
4.2 Présentation du barrage de Taksebt	5
5. Ressources mobilisées et réseaux d'adduction.....	5
5.1 Chaîne de Tassadort.....	5
5.1.1 <i>Champ captant</i>	5
5.1.2 <i>Adduction à partir des forages</i>	5
5.1.3 <i>Réservoir 5000 m³ de Boukhalifa</i>	6
5.1.4 <i>Conduite gravitaire R(Boukhalifa) - R (Taoudoft)</i>	6
5.1.5 <i>Réservoir de Taoudoft</i>	6
5.1.6 <i>Station de pompage de Tassadort</i>	6
5.2 Chaîne de Takhoukht	7
5.2.1 <i>Champ captant</i>	7
5.2.2 <i>Adduction champ captant-Réservoir 1000 m³ de la station de reprise N°01</i>	7
5.2.3 <i>Réservoir 1000 m³ de la SR1 Takhoukht</i>	7
5.2.4 <i>Station de reprise</i>	7
5.2.5 <i>Conduite de refoulement SR1 - SR2 (Agouni Arous)</i>	7
5.2.6 <i>Réservoir 500 m³ de la SR2</i>	7
5.2.7 <i>Station de reprise N° 02 (Agouni Arous)</i>	7
5.2.8 <i>Conduite de refoulement SR2 – 2 x 1000 Djouad</i>	8
5.3 <i>2 x 1000 m³ de Djouad</i>	8
6. Evolution de la population	10
6.1 Prévission de la population	12
6.2 Prévission de la population pour chaque village	13
7. Evaluation des débits.....	14
7.1 Généralité	14
7.2 Consommation unitaire et choix de la dotation	14
7.3 Calcul du débit moyen journalier.....	14
7.4 Besoins en eau des différents usagers	14
8. Variation des débits de consommation dans le temps	16
8.1 Coefficient d'irrégularité.....	16
8.1.1 <i>Coefficient d'irrégularité maximale (K_{max,j})</i>	16
8.1.2 <i>Coefficient d'irrégularité minimale (K_{min,j})</i>	16
8.2 Coefficient maximum horaire (K _{max,h})	17
8.3 Coefficient minimum horaire (K _{min,h}).....	17
8.4 Détermination des débits journaliers	18
8.4.1 <i>Consommation minimale journalière (Q_{min,j})</i>	18
8.4.2 <i>Consommation maximale journalière (Q_{max,j})</i>	18

8.5	Débit moyen horaire.....	19
8.6	Détermination du débit maximum horaire	19
Conclusion.....		21
Chapitre II Le diagnostic d'un réseau d'alimentation en eau potable		
1.	Qu'est ce qu'un diagnostic ?.....	22
2.	Différentes formes de diagnostics	22
2.1	Diagnostic global (approfondi)	22
2.2	Diagnostic express	23
2.3	Diagnostic fonctionnel.....	23
3.	Pourquoi faire un diagnostic ?.....	23
3.1	Dégradation de la qualité de l'eau.....	24
3.2	Diminution de la capacité de transport.....	24
3.3	Corrosion des conduites.....	25
3.4	Augmentation des fuites diffuses.....	25
3.5	Ruptures ou fuites apparentes.....	26
3.6	Problème de gestion des réseaux d'A.E.P	26
4.	Etapas de diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable	27
4.1	Connaissance du patrimoine.....	28
4.1.1	<i>Connaissance de l'existant</i>	28
4.1.2	<i>Information relative au fonctionnement du réseau</i>	29
4.1.3	<i>Données relatives au réseau</i>	29
4.1.4	<i>Données concernant les défaillances et interventions</i>	30
4.2	Observations, contrôles et mesures.....	30
4.2.1	<i>Mise à jour et vérification des plans du réseau</i>	31
4.2.2	<i>Analyse de la production</i>	31
4.2.3	<i>Analyse de la consommation-distribution</i>	32
4.2.4	<i>Etablissement du bilan besoin-ressource</i>	32
4.3	Détermination des causes des anomalies.....	33
4.4	Modélisation.....	33
4.4.1	Objectifs et limites de la modélisation.....	33
4.4.2	Campagne de mesures.....	33
4.4.3	Construction du modèle	34
4.4.4	Simulation	34
4.5	Programme d'action.....	35
Conclusion.....		35
Chapitre III Analyse générale du réseau d'A.E.P de la commune de Beni Douala		
1.	Ouvrages de production.....	37
2.	Stations de pompages	38
2.1	Chaîne de Tassadort.....	38
2.1.1	<i>Station de pompage de Tassadort</i>	38
2.1.2	<i>Station de pompage d'Ait Anane</i>	39
2.2	Chaîne de Takhoukht	39
2.2.1	<i>Station de reprise de Takboukht</i>	40
2.2.2	<i>Station de reprise d'Agouni Arous</i>	40
3.	Ouvrages de stockage	40
4.	Canalisations.....	46
4.1	Caractéristiques et état des conduites d'adduction.....	47
4.2	Caractéristiques et état des conduites de distribution du chef lieu.....	49
5.	Problèmes rencontrés dans le réseau.....	50
Conclusion.....		50

Chapitre IV La modélisation hydraulique du réseau d'A.E.P de Beni Douala

1.	Principales phases de la modélisation.....	51
2.	Différents logiciels de modélisation	51
2.1	Logiciel Porteau.....	52
2.1.1	<i>Présentation générale</i>	52
2.1.2	<i>Interface graphique</i>	52
2.1.3	<i>Principales caractéristiques</i>	52
2.1.4	<i>Trois modules de Porteau</i>	52
2.2	Logiciel Piccolo.....	54
2.2.1	<i>Module de base</i>	54
2.2.2	<i>Modules optionnels</i>	55
2.2.3	<i>Points forts de Piccolo</i>	56
2.3	Logiciel Loop.....	57
3.	Présentation du logiciel Epanet.....	57
3.1	Historique.....	57
3.2	Potentialités du logiciel.....	57
3.3	Principes hydrauliques régissant les calculs du logiciel.....	58
3.3.1	<i>Lois de base du calcul</i>	58
3.3.2	<i>Calcul des pertes de charges</i>	59
3.4	Capacités pour la Modélisation Hydraulique	60
3.5	Capacités pour la Modélisation de la Qualité de l'Eau	60
4.	Construction du modèle numérique du réseau.....	62
4.1	Zone Nord	62
4.2	Zone Sud	62
4.3	Réseau de distribution du chef lieu	63
5.	Variation journalière de la consommation	64
5.1	Catégories de consommation	64
5.2	Courbes de modulation.....	65
6.	Simulation des réseaux d'adduction.....	66
6.1	Zone Nord	66
6.2	Zone Sud	73
7.	Simulation du réseau de distribution.....	76
	Conclusion.....	79
	Conclusion générale	80

Introduction générale

La réhabilitation des réseaux d'alimentation en eau potable en Algérie est devenue l'un des enjeux majeurs pour les services de gestion des eaux. Les réseaux d'alimentation en eau potable constituent un patrimoine qui vieillit et que nous devons réhabiliter ou renouveler quand ils atteignent un seuil de vétusté qui compromet leurs capacités de satisfaire qualitativement et/ou quantitativement les abonnés. Les exploitants et les collectivités locales vont donc devoir faire face à cette diminution de la fiabilité en optant pour les diagnostics tout en adoptant des stratégies adéquates pour mener à bien les investissements de la manière la plus rationnelle possible, afin de limiter la pression financière des interventions et opérations sur le prix de vente de l'eau tout en garantissant une qualité et une continuité du service.

La région de notre étude en l'occurrence la commune de Beni Douala est, comme toutes les régions de l'Algérie, touchée par les interruptions qui surviennent au niveau du réseau d'alimentation en eau potable. Ces interruptions sont causées par divers problèmes qui touchent les différents ouvrages constituant le réseau. L'origine de ces problèmes peut être humaine comme les actes de sabotage, les mauvaises réalisations et les piquages illicites, ou naturelle comme le vieillissement du réseau, la corrosion et l'entartrage des conduites, l'épuisement des forages, les pannes de pompes et la morphologie du terrain (terrain accidenté) etc. Cette présente étude vise à diagnostiquer le réseau d'A.E.P de la commune de Beni Douala dans le but d'élaborer un programme d'actions qui doit être appliqué en respectant la hiérarchie de priorité afin de bien réhabiliter le réseau et de mettre fin à tout ce qui perturbe son bon fonctionnement.

Dans le premier chapitre, nous allons présenter le réseau de la région en décrivant toutes les installations hydrauliques existantes et en évaluant les ressources disponibles ainsi que l'évolution de la population de la commune.

Dans le deuxième chapitre, nous donnerons les différentes formes de diagnostic ainsi que toutes les étapes à suivre pour faire un bon diagnostic.

Le troisième chapitre consiste en l'analyse générale du réseau : forages, station de pompes, réservoirs et l'état des conduites du réseau d'adduction et de distribution.

Dans le quatrième et dernier chapitre, nous présenterons les logiciels les plus utilisés dans la construction des modèles numériques et nous exposerons toutes les démarches suivies dans la construction et la simulation du comportement du réseau d'A.E.P de la commune de Beni Douala via le logiciel Epanet.

Nous terminerons par une conclusion qui portera sur des recommandations.

Chapitre I

Description du réseau de la région

Chapitre I

Description du réseau de la région de Beni Douala

L'objet du présent chapitre consiste en la présentation de la commune de Beni Douala en s'appuyant sur les informations qui nous ont été transmises par les services technico-administratifs suivants :

- ✓ La direction d'Hydraulique de Tizi Ouzou;
- ✓ L'APC de Beni Douala ;
- ✓ L'ADE de Beni Douala ;
- ✓ La subdivision d'Hydraulique de Beni Douala.

1. Situation géographique

La commune de Beni Douala est située dans la Wilaya de Tizi Ouzou, d'une superficie de 35,09 Km². Elle est délimitée par les communes :

- ✓ Beni Aissi et Irdjen au Nord ;
- ✓ Ait Mahmoud à l'Est ;
- ✓ Ouadia et Tizi N'Tlatha au Sud ;
- ✓ Beni Zemenzer et Souk El Thenine à l'Ouest.

La route nationale RN 30A constitue la limite Est de la commune de Beni Douala, et le chemin de wilaya WC 100 la traverse au centre, reliant le chef lieu de la commune avec les communes de Tizi Ouzou au Nord, et Ouadia au Sud ainsi qu'un réseau de chemins communaux qui desservent l'ensemble des localités.

2. Géomorphologie

La région d'étude appartient à la zone montagneuse qui sépare la vallée du Sébaou, au Nord, de la dépression des Ouadhias, Boughni et Draâ El Mizane au Sud. Zone de moyennes montagnes intermédiaire entre la chaîne du Djurdjura et la vallée du Sébaou, elle est découpée en crêtes qui culminent jusqu'à 900 m d'altitude et en versant par les nombreux affluents de l'Oued Aissi.

3. Situation climatologique

3.1 Climat

La commune de Beni Douala est influencée par le climat méditerranéen du type continental. Comme pour le reste de la wilaya, ce climat est caractérisé par des hivers froids et des étés chauds.

3.2 Pluviométrie

La région d'étude est bien arrosée, les précipitations annuelles sont estimées à 135 mm en moyenne. Cette pluviométrie méditerranéenne est caractérisée par une double irrégularité ; annuelle et interannuelle. Le volume maximum des pluies est enregistré en décembre et en janvier avec respectivement 159 mm et 157 mm. Les minima en juillet et en Août avec respectivement 03 mm et 07 mm.

La période pluvieuse qui s'étale sur six mois, de novembre à avril, reçoit plus de 70 % des précipitations et totalise 65 jours sur les 90 jours de pluie durant l'année. L'enneigement ne touche la région que 45 jours par an.

Tableau I-1 : Précipitations mensuelles.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Précipitations (mm)	157,0	115,0	125,0	94,0	65,0	30,0	03,0	07,0	46,0	66,0	148,0	159,0	77,5

3.3 Température

A cause de sa situation géographique, la région a un climat rude ; froid en hiver et chaud en été. La moyenne mensuelle maximale est enregistrée en mois d'août 25,6 °C et la minimale en mois de janvier avec 4,6°C.

La période sèche s'étale sur 5 mois, de mai à septembre.

Tableau I-2 : Températures mensuelles.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moyenne
Températures (°C)	4,6	7,4	9,4	12,0	16,6	20,4	14,9	25,6	21,4	15,9	11,6	8,4	14,3

3.4 Vent

Vu sa situation géographique particulière, la région subit l'influence des vents provenant de toutes les directions.

Cependant, les vents dominants sont ceux du Nord, de l'Ouest et du Sud-Ouest. Le Djurdjura présente un obstacle pour les vents Sud ; c'est pourquoi le Siroco ne touche la région que 15 jours durant l'année.

4. Hydrologie et Hydrogéologie

4.1 Réseau hydrographique

Le bassin versant du Sébaou, présente un réseau hydrographique très développé en forme de patte d'oie, très ondulé et fortement ramifié notamment en rive gauche où le réseau hydrographique est hiérarchisé et nous y dénombre des talwegs d'ordre 4

(selon la classification d'Horton) (Figure I.1). De ce fait, le drainage dans cette région est très dense et s'effectue par une multitude d'oueds plus au moins longs, dont les principaux sont :

- **En rive droite** : L'oued Dis est le torrent le plus important, provient de la chaîne littorale et s'étend sur une quinzaine de Kilomètres. Il prend sa source au Djebel Tamgout qui culmine (1278m) et débouche dans l'oued Sébaou juste après le premier coude majeur de celui-ci au niveau de Fréha ;
- **En rive gauche** : L'oued Bougdoura, l'oued Aissi et l'oued Boubhir en amont sont les principaux affluents de l'oued Sébaou, qui prennent leur source dans la chaîne du Djurdjura, au sud du bassin versant, à des altitudes variant de 1900 à 2000m.

La confluence de ces affluents qui s'écoulent de part et d'autre de la montagne, forme l'oued Sébaou qui traverse une plaine étroite mais très allongée sur une longueur de 110Km. Depuis sa naissance à l'est (Djurdjura) jusqu'à l'embouchure à la mer méditerranée, l'oued Sébaou s'allonge sous trois formes de direction :

- **Dans la partie amont** : L'oued suit une direction SSE-NNW jusqu'à un coude majeur, situé à Fréha.
- **Dans la partie médiane** : L'oued prend une direction E-W dans le synclinal Miocène de Tizi-Ouzou.
- **Dans la partie avale** : L'écoulement de l'oued Sébaou s'allonge à nouveau selon une direction SSE-NNW, parallèlement à la section amont débouchant sur la mer au niveau de Takdempt. Le bassin versant de la vallée de Sébaou couvre une superficie de 2500 Km² avec un périmètre de 250.4 Km.

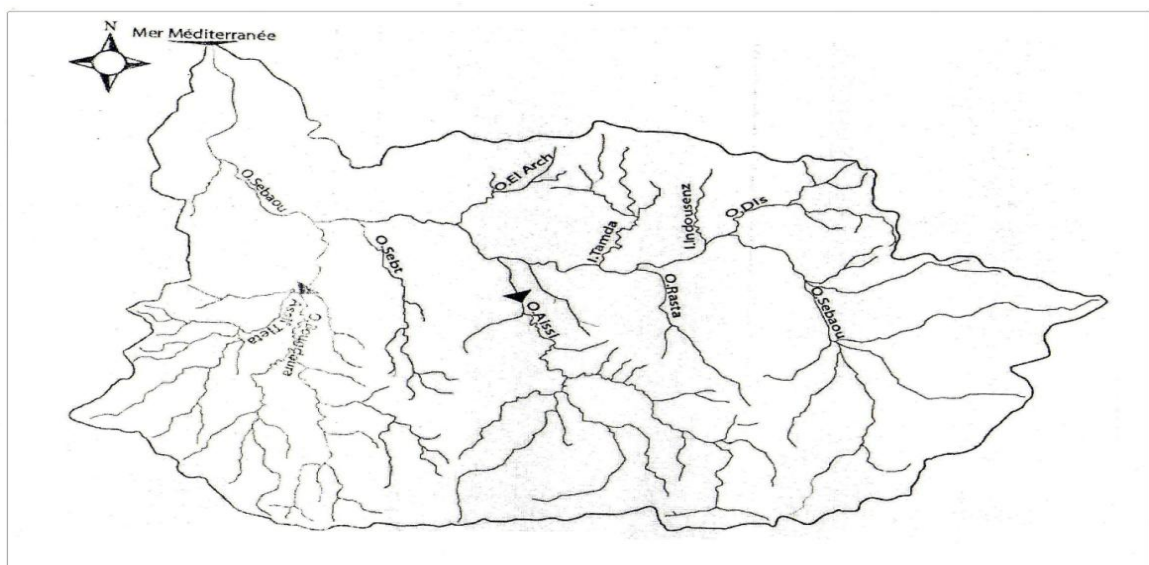


Figure I-1 : Réseau hydrographique du bassin versant de Sébaou (Source : A.N.B.T)

4.2 Présentation du barrage de Taksebt

Le barrage de Taksebt est implanté sur l'oued Aïssi, affluent du Sébaou situé à environ 10 Km au Sud-Est de la ville de Tizi-Ouzou, aux points de coordonnées Lambert suivants : $X = 627,000$ Km, $Y = 376,100$ Km, $Z = 95,5$ m sur les territoires ruraux des communes d'Irdjen, Larbaâ Nath Irathen, Beni Aïssi, Beni Douala et Ait Mahmoud.

Il présente une importante ressource superficielle, sa capacité est de 175 millions de m³. La retenue du barrage de Taksebt crée un déficit dans l'apport solide de l'oued Aïssi. Ce déficit crée une érosion qui se ressent à l'aval du site du barrage comme il se produit aussi les changements suivants :

- Modification du régime hydrologique des eaux (eau de ruissellement en eau stagnante), ceci entraîne par conséquent la diminution des apports à la nappe.
- Changement climatique, augmentation de l'humidité, l'évaporation et les précipitations. (*source ANBT*)

5. Ressources mobilisées et réseaux d'adduction

La commune de **Beni Douala**, est alimentée à partir de deux chaînes qui sont :

5.1 Chaîne de Tassadort

Cette chaîne est destinée à l'alimentation en eau potable des régions de **Maatkas** et **Beni douala**, et qui s'est vue par la suite s'étendre jusqu'à toucher certains villages de la daïra de **Ouadhias**.

Nous allons décrire tous les ouvrages existants dans la chaîne de **Tassadort**.

5.1.1 Champ captant

Le champ captant est situé au lieu dit **Bouaid** aux environs de **Boukhalfa** à 04 km à l'Ouest de la ville de **Tizi Ouzou**.

Il comporte sept (07) forages numérotés comme suit :

BA01, BA02, BA03, BA04, BA05, BA06 et BA07.

5.1.2 Adduction à partir des forages

La sortie de chaque forage se fait par une conduite de diamètre DN 200 mm et qui se raccorde sur un collecteur principal en DN 800 mm sur une longueur de 3550 ml jusqu'au réservoir 5000 m³ de **Boukhalfa**.

5.1.3 Réservoir 5000 m³ de Boukhalfa

Le réservoir de 5000 m³ de **Boukhalfa** est un réservoir tampon, il reçoit l'eau à partir du champ captant de **Bouaid** et dessert le Réservoir 1000 m³ de **Taoudoft** qui sert de bête d'aspiration à la station de pompage de **Tassadort**.

Le réservoir 5000 m³ de **Boukhalfa** est situé à une altitude de 173,7m NGA.

5.1.4 Conduite gravitaire R (Boukhalfa) - R (Taoudoft)

Le réservoir de **Boukhalfa** dessert le réservoir de **Taoudoft** gravitairement à l'aide d'une conduite en acier de diamètre 800 mm sur une longueur approximative de 4800 ml, le réservoir de **Taoudoft** est situé à une cote de 162,2 m NGA.

5.1.5 Réservoir de Taoudoft

Ce réservoir est d'une capacité de 1000 m³ et situé à une altitude de 162,2 m. Il permet la mise en charge des groupes électropompes de la station de **Tassadort**.

5.1.6 Station de pompage de Tassadort

La station de pompage de **Tassadort** est située à une altitude de 90 m NGA, elle est conçue pour alimenter deux directions distinctes, la région de **Maatkas** et celle de **Beni Douala**.

La station de pompage est dotée de sept (07) groupes électropompes. Trois (03) sont destinés pour la région de **Beni Douala** et deux (02) pour la région de **Maatkas**, les deux (02) autres groupes peuvent alimenter les deux (02) régions moyennant des conduites en « Y » installés à l'intérieur de la station.

5.1.6.1 Refoulement vers la station de reprise d'Ait Anane

Le refoulement depuis **Tassadort** jusqu'à **Ait Anane** se fait à travers une conduite en acier DN 700 mm sur une longueur de 3700 ml.

5.1.6.2 Réservoir 5000 m³ de Ait Anane

Ce réservoir permet d'alimenter gravitairement les villages de **Hasnaoua**, **Bouhinoun haut**, **Akendjour**, **Bouassem**, **Oumadene**, **Aglagal** et **Ighil el mal**. Il alimente la station de pompage en DN 600 mm. La cote de radier de ce réservoir est 712 m NGA.

5.1.6.3 Station de reprise de Ait Anane

La station de reprise d' **Ait Anane** refoule les eaux dans deux (02) directions, l'une est le réservoir surélevé d'**Ait Anane Haut** avec deux (02) groupes électropompes et l'autre direction est les deux (02) réservoirs 2 x 1000 m³ de **Djouad** à **Beni douala** avec trois (03) groupes électropompes.

5.1.6.4 Conduite de refoulement vers Ait Anane Haut

Elle est en acier de diamètre 100 mm et débouche au réservoir surélevé d'**Ait Anane Haut** d'une capacité de 200 m³ et situé à une altitude de 751 m NGA.

5.1.6.5 Conduite de refoulement vers les deux réservoirs Djouad

Elle est en acier de diamètre 600 mm et présente une longueur de 6900 ml, elle débouche sur les réservoirs 2 x 1000 m³ de **Djouad** qui desservent tous les réservoirs des localités de **Beni Douala**.

5.2 Chaîne de Takhoukht

La chaîne de **Takhoukht** est destinée à alimenter une partie de la Daira de **Beni Douala** et principalement la commune de **Tagmount Azouz**.

5.2.1 Champ captant

Il est situé à une altitude du terrain naturel de 300 m environs.

Il comporte quatre (04) forages numérotés comme suit : F1, F2, F3 et F4.

5.2.2 Adduction champ captant-Réservoir 1000 m³ de la station de reprise N°01

La conduite est en acier noir de diamètre 400 mm, elle débouche sur le réservoir 1000 m³ de la station de reprise N°01.

5.2.3 Réservoir 1000 m³ de la SR1 Takhoukht

Il est d'une capacité de 1000 m³ situé à une altitude de 320 m NGA et sert à mettre en charge la station de reprise à l'aide d'une conduite en acier de diamètre 400 mm.

5.2.4 Station de reprise

La station de reprise comporte quatre (04) groupes électropompes : deux (02) groupes anciens et deux (02) groupes rénovés.

5.2.5 Conduite de refoulement SR1 - SR2 (Agouni Arous)

Elle est en diamètre 300 mm et véhicule les eaux jusqu'au réservoir 500 m³ de la station de reprise N° 02 de **Agouni Arous**, elle est d'une longueur de 1700 ml.

5.2.6 Réservoir 500 m³ de la SR2

Il est d'une capacité de 500 m³ et situé à une altitude de 700 m NGA.

5.2.7 Station de reprise N° 02 (Agouni Arous)

La station de reprise comporte quatre (04) groupes électropompes : deux (02) groupes anciens et deux (02) groupes rénovés.

5.2.8 Conduite de refoulement SR2 – 2 x 1000 m³ Djouad

Elle est en diamètre 250 mm et d'une longueur de 4000 ml, elle traverse toute la commune d'**Ait Mahmoud**.

5.3 Réservoirs 2 x 1000 m³ de Djouad

C'est le point de rencontre des eaux en provenance de la station de reprise d'**Ait Anane** et celle en provenance de la station de Reprise de **Agouni Arous**, c'est à partir de ces réservoirs que ce fait la desserte et le rationnement de l'eau de toutes les localités concernées.

Fréquence d'alimentation

D'après les renseignements fournis par l'agence ADE de **Beni Douala**, la fréquence d'alimentation des régions par la chaîne de **Tassadourt** se fait comme suit :

- ✓ Samedi et Dimanche commune de Tizi Ntleta
- ✓ Lundi au mercredi, commune de Beni Douala
- ✓ Jeudi et vendredi commune de Beni Zmenzer

A partir des 2 x 1000 m³ de **Djouad** se fait l'adduction gravitaire par quatre (04) conduites vers les réservoirs des villages, et qui sont :

- Une conduite en DN 300 mm, alimente les réservoirs d'**Ait Bouyahia** de capacité de 500m³, CR 740 m NGA, et celui de la ville de **Beni Douala** de capacité de 200 m³ de CR 860 m NGA.
- La deuxième conduite en DN 250 mm, achemine l'eau vers le réservoir d'**Ichardiwene Oufella**, de capacité 500 m³, situé sur côte radier de 872 m NGA.
- Une conduite en PEHD 110 mm, récemment réalisée, alimente le réservoir 300 m³ du village **Ait Mesbah**.
- Une autre conduite en DN 150 mm alimente le réservoir **Lekka Farhat** de capacité de 300 m³ et de CR 845m NGA, qui dessert les réservoirs des villages **Taguemount Oukerrouch** et **Ichardiwene Bwadda**.

Pour bien décrire le système d'alimentation de la commune de **Beni Douala**, nous allons partager le réseau en deux (02) zones distinctes :

Zone Nord

A partir de 2 x 1000 m³ de **Djouad**, par une conduite en DN 300, qui longe le centre ville, et avec une conduite en Y se fait l'alimentation du réservoir d'**Ait Bouyahia** de capacité 500 m³, CR 740 m NGA, par une conduite en acier DN 100

mm, et celui de la ville de **Beni Douala** de capacité 200 m³ de CR 860 m NGA avec une conduite en acier DN 250 mm.

- Le réservoir d'**Ait Bouyahia** de capacité 500 m³, alimente :
 - les villages d'**Ait Bouyahia** et **Amsiouene** par deux (02) conduites en acier DN 100 mm ;
 - le réservoir 100 m³ d'**Ait Khelfoune** CR 520 m NGA par une conduite en acier DN 80 mm, qui alimente le village d' **Ait Khelfoune** et le réservoir de capacité 75 m³ d'**Ait El Hadj** de CR 460 m NGA par une conduite en acier de DN 40 mm ;
 - le réservoir 100 m³ de **Timegnounine**, CR 521 m NGA, par une conduite en acier de DN 50 mm.
- A partir du réservoir 200 m³ du chef-lieu, et par une conduite en acier DN 125 mm, ce fait l'alimentation du :
 - réservoir d'**Ighil Hamou** de capacité 200 m³, de CR 640 m NGA, par une conduite en acier DN 80 mm, qui alimente le village d'**Ighil Hamou** ;
 - réservoir de capacité de 500 m³ de **Taddart Oufella**, de CR 771m NGA, par une conduite en acier DN 125 mm.
- A partir du réservoir 500 m³ de **Taddart Oufella** , une conduite en DN 125 mm longe la route jusqu'au réservoir de **Tala Khellil** et des piquages vers les réservoirs existant se font comme suit :
 - réservoir R200 m³ d'**Ait Iddir**, de CR 740m NGA, par une conduite en DN 100 mm ;
 - réservoir R75 m³ d'**Ighil Mimoune**, de CR 610 m NGA, par une conduite en acier de DN 80 mm ;
 - réservoir R300 m³ situé à une côte 570 m NGA, par une conduite en DN 125 mm, qui alimente à son tour le village de **Tamaghoucht** ;
 - réservoir R200 m³ d'**Ait Ali Ouali** (nouvellement réalisé), de côte 575m NGA, par une conduite en PEHD de 110 mm ;
 - réservoir R200 m³ de **Sidi Messaoud**, de côte 575m NGA, par une conduite en acier DN 80 mm ;
 - réservoir R200 m³ de **Tala Khellil**, de côte 550 m NGA, par une conduite en acier galvanisé de DN 60 mm ;
 - les deux réservoirs 2 x R200 m³ d'**Ait Hellal** et **Taboudris**, de côte 470m NGA, par une conduite en acier de DN 80 mm.

Zone Sud

La zone sud est alimentée par deux (02) conduites principales :

- La première en acier de DN 250 mm, alimente le réservoir R500 m³ de **Ichardiwene Oufella**, de côte 870 m NGA, qui à son tour alimente, par une conduite en acier DN 100 mm le réservoir R300 m³, de côte 830 m NGA, situé à **Ait Mesbah**.

Une nouvelle conduite en PEHD de 110 mm, alimente directement le réservoir d'**Ait Mesbah** à partir de **Djouad**, cette dernière est réalisée le long du CW 100.

- La deuxième conduite en DN 150 mm alimente le réservoir de **Lekka Ferhat**, de côte 845 m NGA, qui alimente les deux (02) réservoirs situés à **Taguemount Oukerrouch** et qui sont :
 - ✓ Le réservoir 200 m³, situé à une altitude de 740 m NGA, par une conduite en acier enrobé DN 80 mm, qui alimente à son tour le réservoir R200 m³ de **Ichardiwene Bwadda** par une conduite en acier DN 80 mm ;
 - ✓ Le réservoir 200 m³, nouvellement réalisé (2008) situé à une altitude de 745 m NGA par une conduite en PEHD de 80 mm, qui à son tour alimente le réservoir 200 m³ d'**Ichardiwene Bwadda** par une conduite en PEHD de 80mm, situé à une altitude de 690 m NGA et le village de **Taguemount Oukerrouch**.

6. Evolution de la population de la commune de Beni Doula

En 2008, la commune de Beni Douala a enregistré une population de 21 110 habitants répartis comme suit : 11 611 habitants au chef lieu soit 55 % de la population communale, 9 288 habitants dans les agglomérations secondaires soit 44 % et 211 habitants dans la zone éparses représentant un taux de 1 % de la population totale de la commune. La répartition de la population est illustrée dans la figure I-2 ci-dessous :

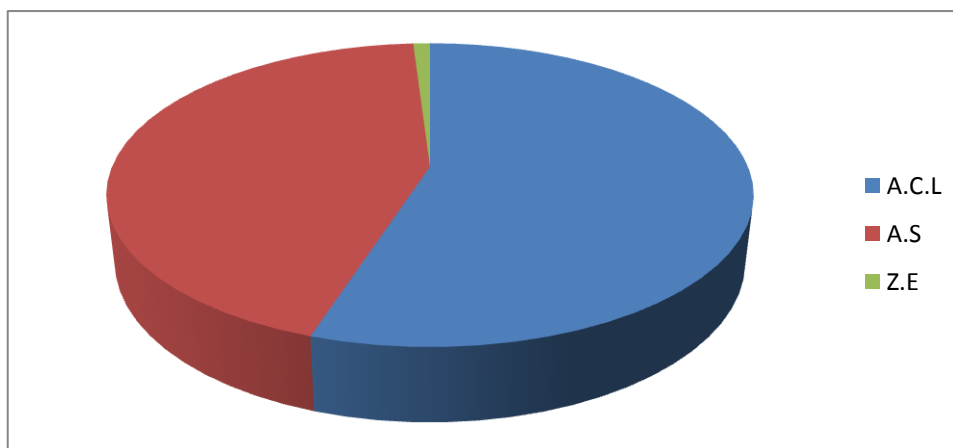


Figure I-2 : Répartition de la population de la commune de Beni Douala

La plus grande partie de la population se concentre dans l'agglomération chef lieu, puis en second lieu dans les agglomérations secondaires, ce qui n'est pas le cas avec la zone éparse qui ne connaît pas un grand taux d'occupation humaine. Cet état de fait s'explique par l'habitude concentration des infrastructures et équipements au niveau de l'agglomération chef lieu. Les habitants des agglomérations se dispersent dans les villages et le chef lieu comme le démontre le tableau suivant :

Tableau I-3: Evolution de la population des différentes zones de la commune de Beni Douala (source APC de Beni Douala)

Commune	Villages	Pop.1998	Pop.2006	Pop.2008
Beni Douala	A.C.L (Béni Douala centre, Ait Bouyahia, Djouad, Ighil Hamou, Taddart Oufella, Ighil Mimoun, Ait Iddir, Ait Bouali, Ait Ali Ouali, Tamaghoucht)	12166	12567	12505
	A.S.1 (Tala Khellil, Ait Hellal, Taboutrist)	2621	3070	2705
	A.S.2 (Ait Mesbah)	3443	3659	3430
	A.S.3 (Ichardiwene Oufella)	651	740	632
	A.S.4 (Taguemount Oukerrouch, Ichardiwene Bwadda)	2130	1948	1838
	total	21011	21984	21110
Ait Mahmoud	Ait El Hadj, Ait Khelfoune, Timeguenounine	1447	1596	1636
	total	22458	23580	22746

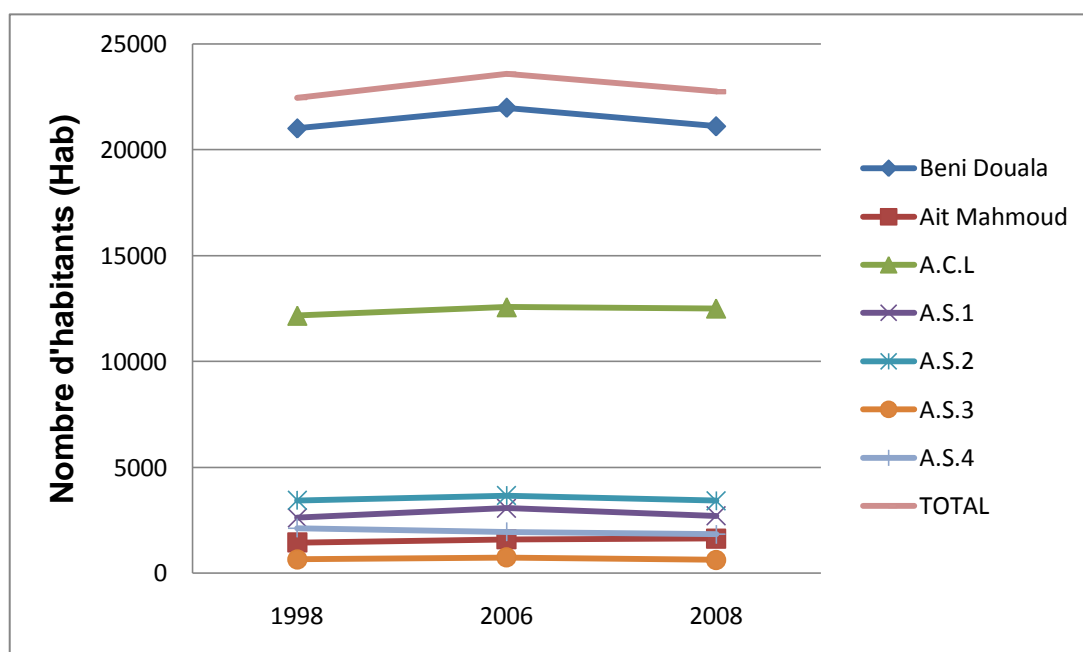


Figure I-3 : Evolution de la population des différentes zones de la commune de Beni Douala

N.B : Dans le tableau ci-dessus, nous avons inclus trois villages de la commune **d'Ait Mahmoud** à savoir **Ait El Hadj, Ait Khelfoune et Timeguenounine** qui sont alimentés eux aussi par les deux (02) réservoirs **Djouad**.

6.1 Prévision de la population

Nous disposons comme donnée de base, le nombre de la population de 2008 qui est évalué à 22746 habitants.

Pour l'estimation de la population à l'horizon actuel (2010) ainsi qu'à l'horizon futur (2030), nous optons pour la méthode géométrique dont la formule est la suivante :

$$P_n = P_0 * (1 + \tau)^n \quad (1)$$

Avec,

- P_n : Population à l'horizon de calcul ;
- P_0 : Population de base (2008) ;
- τ : Taux d'accroissement moyen annuel de la population ;
- n : Nombre des années d'écart.

La croissance géométrique ne s'observe que pour des agglomérations où un facteur économique a un impact majeur, comme la venue d'entreprises industrielles importantes. C'est ce qui peut expliquer une telle croissance de la population, car dans un tel cas, la croissance de la population est due à la venue des nouveaux employés d'entreprises et de celle des membres de leurs familles. Une croissance géométrique n'existe que pour des courtes périodes, employer cette méthode pour des prédictions à long terme peut conduire à des surestimations irréalistes [*Benmamar*, 2010].

Nous allons donc résumer l'ensemble des résultats de calcul dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-4 : Population de Beni Douala pour différents horizons

Zone	1998	2006	2008	Taux d'accroissement	2010	2020	2030
ACL	12166	12567	12505	0,00406187	12606	13128	13671
AS.1	2621	3070	2705	0,01996183	2814	3429	4178
AS.2	3443	3659	3430	0,00763484	3483	3758	4055
AS.3	651	740	632	0,01614654	653	766	899
AS.4	2130	1948	1838	-0,01110275	1797	1608	1438
Ait Mahmoud	1447	1596	1636	0,01232636	1677	1895	2142
Total	22458	23580	22746	0,04902868	23030	24584	26383

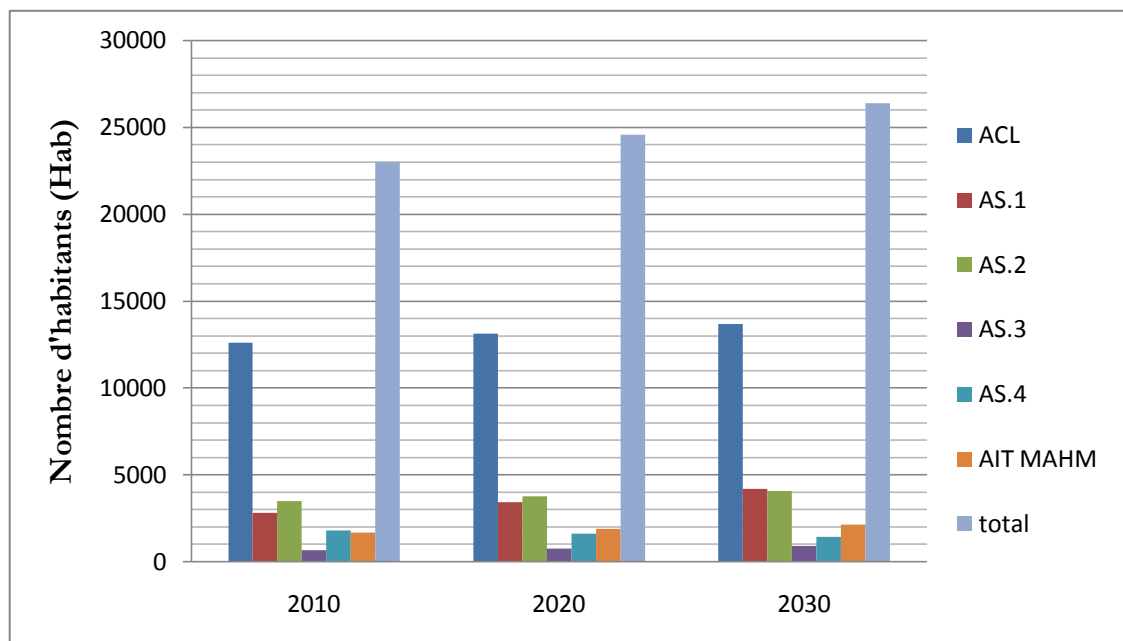


Figure I- 4 : Population des différentes zones pour différents horizons

6.2 Prévision de la population pour chaque village

Nous avons estimé la population de chaque village aux différents horizons, et les résultats sont portés dans le tableau I-5 ci-dessous.

Tableau I-5 : Population de chaque village pour différents horizons

Villages	Pop.1998	Pop.2006	Pop.2008	Taux de Croissance	2010	2020	2030
Beni Douala Centre	3042	3142	3126	0,00405123	3152	3281	3417
Ait Bouyahia	1825	1885	1876	0,00405167	1891	1969	2051
Ighil Hamou	1217	1257	1251	0,00405057	1261	1313	1367
Taddert Oufella	2068	2136	2126	0,00405231	2143	2232	2324
Ighil Mimoun	973	1005	1000	0,00405303	1008	1050	1093
Ait Idir	852	880	875	0,0040501	882	918	956
Ait Bouali	1095	1131	1125	0,00405167	1134	1181	1230
Ait Ali Ouali	487	503	500	0,00404893	504	525	546
Tamaghoucht	607	628	626	0,00426047	631	659	687
Ait Mesbah	3443	3659	3430	0,00763484	3483	3758	4055
Ichardiwene Oufella	651	740	632	0,01614654	653	766	899
Taguemount Oukerrouch	852	779	735	-0,01113448	718	643	575
Icherdiwene Bwadda	1278	1169	1103	-0,0110816	1079	965	863
Tala Khellil	1048	1228	1082	0,02001048	1126	1370	1669
Ait Hellal	655	768	676	0,02009352	703	857	1043
Taboudrist	918	1075	947	0,01993084	985	1202	1466
Ait Khelfoun	1048	1228	1082	0,02001048	670	757	854
Ait Elhadj	655	768	676	0,02009352	369	417	472
Timegnounine	918	607	947	-0,05039443	638	721	816

7. Evaluation des débits

7.1 Généralité

Les quantités des eaux de consommations sont à considérer selon les valeurs des débits de pointe qui conditionnent explicitement les dimensionnements des conduites, les débits seront évalués sur la base des consommations d'eaux globales de l'agglomération observée au jour de la forte consommation de l'année, rapporté à l'unité habitant sur une période de 24 heures.

7.2 Consommation unitaire et choix de la dotation

La dotation en eau allouée aux horizons considérés est en général en fonction des ressources disponibles. Les besoins actuels sont estimés à 150 l /j/hab.

7.3 Calcul du débit moyen journalier

$P_{2010} = 23030$ habitants. L'estimation du débit moyen de consommation domestique est exprimée par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy},j} = \frac{D_i * N_i}{1000} (m^3 / j) \quad (2)$$

Avec,

- $Q_{\text{moy},j}$: consommation moyenne journalière en m^3/j ;
- D_i : dotation journalière en l/j/hab.
- N_i : nombre de consommateurs.

✓ Le débit journalier moyen pour l'horizon Actuel (2010) est :

$$Q_{\text{moy},j} = \frac{150 * 23030}{1000}$$

$$Q_{\text{moy},j} = 3454,5 \text{ m}^3/j$$

✓ Le débit journalier moyen pour l'horizon futur(2030) est :

$$Q_{\text{moy},j} = \frac{150 * 26383}{1000}$$

$$Q_{\text{moy},j} = 3957,5 \text{ m}^3/j$$

7.4 Besoins en eau des différents usagers

Les différents besoins en eau des différents usagers sont portés dans les deux tableaux ci-dessous :

Horizon Actuel (2010)

Le tableau suivant présente les différents besoins des différents usagers pour l'horizon actuel (2010).

Tableau I-6 : Débit moyen des différents consommateurs

Nature des usagers	Désignation	Nombre	Année	Unité de base	Dotation moy, (l/j.hab)	Q _{moy} (m ³ /j)
Habitants	Nombre d'Habitants	23030	2010	Habitant	150	3454,50
Ecole primaire	Capacité d'accueil	1908	2010	élèves	25	47,70
C E M	Capacité d'accueil	1524	2010	élèves	30	45,72
Lycée	Capacité d'accueil	1296	2010	élèves	30	38,88
Daïra	Nombre d'employés	40	2010	employés	25	1,00
A P C	Nombre d'employés	40	2010	employés	25	1,00
Commissariat de police	Nombre d'employés	60	2010	employés	25	1,50
Gendarmerie	Nombre d'employés	70	2010	employés	25	1,75
TOTAL(m ³ /j)						3592,05

Horizon futur (2030)

Le tableau suivant présente les différents besoins des différents usagers pour l'horizon futur (2030).

Tableau I-7: Débit moyen des différents consommateurs

Nature des usagers	Désignation	Nombre	Année	Unité de base	Dotation moy, (l/j.hab)	Q _{moy} (m ³ /j)
Habitants	Nombre d'Habitants	26383	2030	Habitant	150	3957,5
Ecole primaire	Capacité d'accueil	1908	2030	élèves	25	47,7
C E M	Capacité d'accueil	1524	2030	élèves	30	45,72

Lycée	Capacité d'accueil	1296	2030	élèves	30	38,88
Daïra	Nombre d'employés	40	2030	employés	25	1,00
A P C	Nombre d'employés	40	2030	employés	25	1,00
Commissariat de police	Nombre d'employés	60	2030	employés	25	1,50
Gendarmerie	Nombre d'employés	70	2030	employés	25	1,75
TOTAL(m ³ /j)						4095,05

8. Variation des débits de consommation dans le temps

Le débit demandé par les différentes catégories des consommateurs est soumis à plusieurs variabilités en raison de l'irrégularité de la consommation dans le temps :

- Variations annuelles qui dépendent du niveau de vie de l'agglomération considérée ;
- Variations mensuelles et saisonnières qui dépendent de l'importance de la ville ;
- Variations journalières qui dépendent du jour de la semaine où la consommation est plus importante au début de la semaine qu'en week-end.
- Variations horaires qui dépendent du régime de consommation de la population. Elles représentent les variations les plus importantes.

8.1 Coefficient d'irrégularité

8.1.1. Coefficient d'irrégularité maximale ($K_{\max,j}$)

Du fait de l'existence d'une irrégularité de la consommation journalière au cours de la semaine, on doit tenir compte de cette variation en déterminant le rapport :

$$K_{\max,j} = Q_{\max,j} / Q_{\text{moy},j} \quad (3)$$

Ce coefficient $K_{\max,j}$ varie entre 1,1 et 1,3, il consiste à prévenir les fuites et les gaspillages au niveau du réseau en majorant la consommation moyenne de 10% à 30%.

8.1.2. Coefficient d'irrégularité minimale ($K_{\min,j}$)

Il est défini comme étant le rapport de la consommation minimum par la consommation moyenne journalière, donné par la relation suivante :

$$K_{\min,j} = Q_{\min,j} / Q_{\text{moy},j} \quad (4)$$

Ce coefficient $K_{\min,j}$ varie entre 0,7 à 0,9.

8.2 Coefficient maximum horaire ($K_{\max,h}$)

Ce coefficient représente l'augmentation de la consommation horaire pour la journée. Il tient compte de l'accroissement de la population ainsi que le degré du confort et du régime de travail de l'industrie.

D'une manière générale, ce coefficient peut être décomposé en deux autres coefficients : α_{\max} et β_{\max} ; tel que :

$$K_{\max,h} = \alpha_{\max} * \beta_{\max} \quad (5)$$

Avec,

- α_{\max} : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et de régime du travail, varie de 1,2 à 1,5 et dépend du niveau de développement local. Pour notre cas on prend $\alpha_{\max} = 1,3$.
- β_{\max} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Le tableau I-8 nous donne Sa variation en fonction du nombre d'habitants.

Tableau I-8 : Variation du coefficient β_{\max}

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
β_{\max}	2,00	1,80	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15

Dans notre cas :

Nous prenons $\beta_{\max} = 1,15$.

la valeur de $K_{\max,h}$ sera :

$$K_{\max,h} = 1,15 \times 1,3 = 1,5$$

$$K_{\max,h} = 1,5$$

8.3 Coefficient minimum horaire ($K_{\min,h}$)

Ce coefficient permet de déterminer le débit minimum horaire qui nous permet d'évaluer le fonctionnement de notre réseau du point de vue pression dans le réseau:

$$K_{\min,h} = \alpha_{\min} * \beta_{\min} \quad (6)$$

Avec,

- α_{\min} : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et du régime de travail. Il varie de 0,4 à 0,6. Pour notre cas on prend $\alpha_{\min} = 0,5$.

- β_{\min} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Le tableau I-9 donne sa variation en fonction du nombre d'habitants.

Tableau I-9 : Variation du coefficient β_{\min}

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
β_{\min}	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6

Dans notre cas :

On prend $\beta_{\min} = 0,6$.

la valeur de $K_{\min,h}$ sera alors :

$$K_{\min,h} = 0,5 \times 0,6 = 0,3;$$

$$K_{\min,h} = 0,3.$$

8.4 Détermination des débits journaliers

8.4.1 Consommation minimale journalière ($Q_{\min,j}$)

C'est le débit du jour de faible consommation pendant l'année ;

$$Q_{\min,j} = K_{\min,j} * Q_{\text{moy},j} \quad (7)$$

On prend $K_{\min,j} = 0,7$ pour les deux horizons .

D'où :

- **Le débit journalier minimum à l'horizon actuel (2010) est :**

$$Q_{\min,j} = 0,7 \times 3592,05$$

$$Q_{\min,j} = 2514,435 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Le débit journalier minimum à l'horizon futur (2030) est :**

$$Q_{\min,j} = 0,7 \times 4095,05$$

$$Q_{\min,j} = 2866,535 \text{ m}^3/\text{j}$$

8.4.2 Consommation maximale journalière ($Q_{\max,j}$)

Ce débit relatif au jour de plus grande consommation pendant l'année, il est utilisé comme élément de base dans les calculs de dimensionnement du réseau de distribution et d'adduction. Il nous permet de dimensionner le réservoir et les équipements de la station de pompage.

Ce débit est donné par la relation suivante :

$$Q_{\max,j} = K_{\max,j} * Q_{\text{moy},j} \quad (8)$$

Avec ,

- $Q_{\max,j}$: débit maximum journalier en m^3/j ;
- $Q_{\text{moy},j}$: débit moyen journalier en m^3/j ;
- $K_{\max,j}$: coefficient d'irrégularité maximale journalière.

D'où :

- **Le débit journalier maximal à l'horizon actuel (2010) est :**

$$Q_{\max,j} = 1,3 \times 3592,05$$

$$Q_{\max,j} = 4669,665 \text{ m}^3/j$$

- **Le débit journalier maximal à l'horizon futur (2030) est :**

$$Q_{\max,j} = 1,3 \times 4095,05$$

$$Q_{\max,j} = 5323,565 \text{ m}^3/j$$

8.5 Débit moyen horaire

Le débit moyen horaire est donné par la relation suivante :

$$Q_{\text{moy},h} = Q_{\max,j}/24 \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (9)$$

Avec ,

- $Q_{\text{moy},h}$: débit moyen horaire en m^3/h ;
- $Q_{\max,j}$: débit maximum journalier en m^3/j ;

Donc :

- **Le débit moyen horaire à l'horizon actuel (2010) est :**

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{4669,665}{24}$$

$$Q_{\text{moy},h} = 194,57 \text{ m}^3/h$$

- **Le débit moyen horaire à l'horizon futur (2030) est :**

$$Q_{\text{moy},h} = \frac{5323,565}{24}$$

$$Q_{\text{moy},h} = 221,82 \text{ m}^3/h$$

8.6 Détermination du débit maximum horaire

Ce débit joue un rôle très important dans les différents calculs du réseau de distribution, il est déterminé par la relation suivante :

$$Q_{\max,h} = K_{\max,h} * Q_{\text{moy},h} \quad (10)$$

Avec,

- $Q_{\text{moy,h}}$: débit moyen horaire en m^3/h ;
- $K_{\text{max,h}}$: coefficient d'irrégularité maximale horaire ;

On a donc :

- **Le débit maximum horaire à l'horizon actuel (2010) est :**

$$Q_{\text{max,h}} = 1.5 \times 194,57$$

$$Q_{\text{max,h}} = 291,86 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Le débit maximum horaire à l'horizon futur (2030) est :**

$$Q_{\text{max,h}} = 1,5 \times 221,82$$

$$Q_{\text{max,h}} = 332,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nous avons déterminé les différents débits pour chaque village et pour les deux horizons, les résultats sont portés dans les deux tableaux suivants :

Tableau I-10 : Différents débits pour chaque village pour l'horizon 2010

Village	$Q_{\text{moy,j}}$ (m^3/j)	$Q_{\text{min,j}}$ (m^3/j)	$Q_{\text{max,j}}$ (m^3/j)	$Q_{\text{moy,h}}$ (m^3/j)	$Q_{\text{max,h}}$ (m^3/j)
B.D. Centre	541,58	379,11	704,05	29,34	44,00
Ait Bouyahia	291,65	204,16	379,15	15,80	23,70
Ighil Hamou	189,15	132,41	245,90	10,25	15,37
Taddart Ouf	324,70	227,29	422,11	17,59	26,38
Ighil Mimoun	151,20	105,84	196,56	8,19	12,29
Ait Iddir	134,80	94,36	175,24	7,30	10,95
Ait Bouali	187,60	131,32	243,88	10,16	15,24
Ait Ali Ouali	77,60	54,32	100,88	4,20	6,31
Tamaghoucht	97,40	68,18	126,62	5,28	7,91
Ait Mesbah	529,70	370,79	688,61	28,69	43,04
Ichardiwene Oufella	99,95	69,97	129,94	5,41	8,12
Taguemount Oukerrouch	121,02	84,71	157,33	6,56	9,83
Ichardiwene Bwadda	163,85	114,70	213,01	8,88	13,31
Tala Khellil	171,03	119,72	222,33	9,26	13,90
Ait Hellal	107,58	75,30	139,85	5,83	8,74
Taboudrist	149,50	104,65	194,35	8,10	12,15
Ait Khelfoune	102,70	71,89	133,51	5,56	8,34
Ait El hadj	55,35	38,75	71,96	3,00	4,50
Timegnounine	95,70	66,99	124,41	5,18	7,78

Tableau I-11 : Différents débits pour chaque village pour l'horizon 2030

Village	$Q_{moy,j}$ (m ³ /j)	$Q_{min,j}$ (m ³ /j)	$Q_{max,j}$ (m ³ /j)	$Q_{moy,h}$ (m ³ /j)	$Q_{max,h}$ (m ³ /j)
B.D. Centre	581,33	406,93	755,73	31,49	47,23
Ait Bouyahia	315,65	220,96	410,35	17,1	25,65
Ighil Hamou	205,05	143,54	266,57	11,11	16,66
Taddart Ouf	351,85	246,3	457,41	19,06	28,59
Ighil Mimoun	163,95	114,77	213,14	8,88	13,32
Ait Iddir	145,9	102,13	189,67	7,9	11,85
Ait Bouali	202	141,4	262,6	10,94	16,41
Ait Ali Ouali	83,9	58,73	109,07	4,54	6,82
Tamaghoucht	105,8	74,06	137,54	5,73	8,6
Ait Mesbah	615,5	430,85	800,15	33,34	50,01
Ichardiwene Oufella	136,85	95,8	177,91	7,41	11,12
Taguemount Oukerrouch	99,57	69,7	129,44	5,39	8,09
Ichardiwene Bwadda	131,45	92,02	170,89	7,12	10,68
Tala Khellil	252,48	176,73	328,22	13,68	20,51
Ait Hellal	158,58	111	206,15	8,59	12,88
Taboudrist	221,65	155,16	288,15	12,01	18,01
Ait Khelfoune	130,3	91,21	169,39	7,06	10,59
Ait El hadj	70,8	49,56	92,04	3,84	5,75
Timegnounine	122,4	85,68	159,12	6,63	9,95

Conclusion

Au départ, les villes et les villages sont conçues de sorte à former un ensemble cohérent. Aujourd'hui, les extensions que nous impose la croissance démographique ont engendré des problèmes liés au fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable. Celui-ci étant déjà vieux, il n'arrive plus à satisfaire la population actuelle en terme de qualité ou en terme de quantité.

Pour répondre aux plaintes de la population, nous somme tenu à faire le diagnostic de tout le réseau dont les objectifs sont les suivants :

- Mettre en évidence les insuffisances du réseau ou des ouvrages pour répondre à la demande actuelle et future, par une analyse de l'existant (réseau/ouvrage/qualité de l'eau), un bilan de l'adéquation des besoins-ressources-capacités de stockage et une simulation du fonctionnement du réseau ;
- Définir les améliorations à apporter pour assurer la desserte quantitative et qualitative des abonnés, en toute sécurité ;
- Estimer les investissements à réaliser afin de permettre aux responsables de programmer les travaux nécessaires en fonction des priorités.

Chapitre II

Diagnostic d'un réseau d'alimentation en eau potable

Chapitre II

Le diagnostic d'un réseau d'alimentation en eau potable

Dans cette partie de notre travail, nous allons essayer de clarifier la notion du diagnostic, puis nous répondons aux questions comme : pourquoi faire un diagnostic ? Et comment faire un bon diagnostic ?

1. Qu'est ce qu'un diagnostic ?

Le mot diagnostic est d'origine grecque, il signifie « connaissance », ce qui nous permet de dire que le diagnostic est d'acquérir la connaissance à partir des signes observables. Le diagnostic est le raisonnement menant à l'identification de la cause (l'origine) d'une défaillance, d'un problème ou d'une maladie, à partir des informations relevées par observations, contrôles ou tests.

A l'origine utilisé dans le domaine médical, ce terme signifie :

- ✓ identification d'une maladie par ses symptômes ;
- ✓ un jugement porté sur une situation, sur un état.

A l'heure actuelle, la démarche de diagnostic est utilisée dans un grand nombre de domaines différents. Dans le domaine de l'hydraulique, on peut recourir au diagnostic afin de déterminer les causes des dysfonctionnements qui remettent en question la fiabilité des réseaux d'alimentation en eau potable et provoquent la colère des populations. Le diagnostic nous permet de connaître les forces et les faiblesses d'un réseau d'alimentation en eau potable, d'expliquer son évolution passée et de porter un jugement sur son évolution future. [*Belmokhtar*, 2010]

2. Différentes formes de diagnostics

Selon les circonstances, la nature des problèmes où l'urgence, le diagnostic pourra revêtir plusieurs formes sans que celles-ci altèrent le principe et la rationalité de la démarche.

2.1 Diagnostic global (approfondi)

C'est le modèle de base qui analyse le réseau dans une perspective globale à travers ses fonctions et son organisation et débouche sur des propositions d'améliorations.

Le diagnostic va permettre de mettre en évidence les points forts et les points faibles, de comprendre l'évolution passée du réseau ; il va également faire ressortir les menaces et opportunités à venir. Ces informations permettront aux principaux responsables d'orienter leur action pour améliorer les performances du réseau.

2.2 Diagnostic express

Mais il arrive parfois que l'urgence, ou la ponctualité d'un problème, ne justifie pas ou ne permette pas d'attendre les résultats d'un diagnostic approfondi : il faudra simplement procéder à un diagnostic express.

Ce diagnostic aura alors pour objectif d'identifier les raisons des difficultés mais, de formuler des mesures de sauvetage rapides et hiérarchiser les actions à réaliser par ordre d'urgence et d'importance.

2.3 Diagnostic fonctionnel

Enfin, la troisième forme que pourra revêtir le diagnostic est celle du diagnostic fonctionnel. Il s'agit là d'un diagnostic fragmentaire, destiné à solutionner des problèmes de fonctionnement interne et à améliorer les résultats.

Il se peut aussi qu'après un diagnostic express, l'analyse identifie et localise les problèmes dans une partie déterminée et décide d'effectuer un travail d'approfondissement nécessaire à cette partie.

Nous aurons ainsi, dans ce cas là, un diagnostic express plus un diagnostic spécialisé et limité à une seule partie [*Belmokhtar*, 2010].

3. Pourquoi faire un diagnostic ?

Le recours au diagnostic correspond à une véritable nécessité, l'observation, l'identification et l'analyse des anomalies vont nous aider à identifier les causes des dysfonctionnements et définir des mesures adaptées susceptibles d'améliorer la fiabilité du réseau d'alimentation en eau potable, en d'autres termes, apporter des solutions qui nous permettront de répondre aux besoins des populations d'une façon très satisfaisante que ce soit en terme de qualité ou en terme de quantité.

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E.P; les fuites, les branchements illicites, les erreurs de compteurs, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires et les interruptions.

Divers facteurs peuvent intervenir dans l'augmentation de la rugosité d'une conduite, entre autre : les caractéristique de l'eau, le matériau de la conduite, le type et le mode d'application du revêtement intérieur, le cas échéant, l'action des bactéries ferrugineuses, etc [*Lencastre*, 1995].

A ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau. Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposant des plaintes sur les différents services (quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l'alimentation, etc.) au niveau des services concernés.

Les différents problèmes survenant dans un réseau d'alimentation en eau potable peuvent être classés comme suite :

- Dégradation de la qualité de l'eau ;
- Diminution de la capacité de transport ;
- La corrosion des conduites ;
- Augmentation des fuites diffuses ;
- Ruptures ou fuites apparentes ;
- Problème de gestion des réseaux d'A.E.P.

3.1 Dégradation de la qualité de l'eau

La mesure de la dégradation de la qualité de l'eau peut permettre de caractériser l'état de la ou des conduites proches du point de mesure ou de l'endroit où a eu lieu la plainte d'un abonné. Elle peut renseigner sur l'état de corrosion de la conduite pour ce qui concerne les conduites métalliques. C'est le cas lorsque des produits de corrosion sont transportés à travers le réseau. On a par exemple le phénomène d'eau rouge, qui correspond à l'oxydation d'ions ferreux en ions ferriques principalement dans les eaux douces, acides ou désaérées. Certaines autres substances comme le manganèse peuvent également entraîner la coloration de l'eau (couleur noire).

On peut également être renseigné sur la corrosion bactérienne, en examinant les teneurs en bactéries du fer ou sulfatoréductrices. Un mauvais état des joints ou des conduites en matière plastique peut également altérer la qualité de l'eau, du fait de l'introduction de substances provenant de l'extérieur, comme des hydrocarbures.

La corrélation entre l'âge de la conduite et l'apparition d'une mauvaise qualité de l'eau est un paramètre significatif concernant le vieillissement de certains éléments de la conduite, mais la difficulté majeure reste l'identification de la conduite « malade », car on ne peut pas situer avec précision celle qui a détérioré la qualité de l'eau [*Blindu*, 2004].

3.2 Diminution de la capacité de transport

Cette valeur correspond à la diminution du diamètre interne de la conduite ou à l'augmentation du coefficient de rugosité. Ceci est engendré par l'entartrage calcaire sur les conduites non-revêtues d'un revêtement interne mais aussi par l'apparition de protubérances dues à des produits de corrosion ($\text{Fe}(\text{OH})_2$, FeS).

La diminution de la capacité de transport se manifeste par la mise en évidence de l'augmentation de pertes de charges sur le réseau ou sur une partie du réseau. Elle peut être évaluée :

- Par une comparaison entre des observations (pas assez de Pression ou Débit, au niveau des habitations) et les débits théorique attendus en certains points du réseau ;
- A partir d'échantillons de canalisations prélevés directement sur le réseau, et l'analyse de ces échantillons. Cependant ces relevés demeurent ponctuels et leur interprétation est difficilement généralisable.

Le nouveau diamètre ou le nouveau coefficient de rugosité estimés ou mesurés sur une conduite donne alors un état de son entartrage. Une évolution de la corrélation pouvant exister entre la dégradation de la conduite et certains facteurs comme l'âge, sa nature, la qualité de l'eau à l'entrée dans le réseau peut être également estimée si toutefois certains autres facteurs peuvent être isolés (fuites) [*Blindu*, 2004].

3.3 Corrosion extérieure des conduites

Cette corrosion est caractérisée par une attaque du métal due à des phénomènes extérieurs en liaison, le plus souvent, soit avec la nature du sol, soit avec des installations électriques à courant continu situé au voisinage des réseaux d'alimentation en eau [*Dupont*, 1979].

3.4 Augmentation des fuites diffuses

Les fuites diffuses sont mises en évidence lors de mesures bien spécifiques ou lorsque la tranchée d'une conduite est ouverte. Elles n'entraînent pas en général de réparation sur la conduite. Ce sont elles qui en général abaissent le rendement d'un réseau et ne lui permettent pas de dépasser un taux supérieur à 90% ou 95%.

Elles caractérisent, soit une fragilisation du tuyau par de petites ouvertures, soit un mauvais état des joints qui deviennent alors poreux. Les fuites diffuses se manifestent de différentes manières en constatant :

- Une diminution importante du rendement de réseau ;
- Une augmentation sans raison de la production ;
- Une non concordance des volumes mesurés sur les compteurs de zone ;
- Des indices visuels, des anomalies dans la distribution, bruits anormaux sur le réseau tels que :
 - ✓ L'affaissement du terrain ;
 - ✓ La présence de végétation anormalement développée ;
 - ✓ Le terrain humide par temps sec ;
 - ✓ La baisse de pression même temporaire ;
 - ✓ Le manque d'eau chez l'abonné ;
 - ✓ L'humidité anormale sur la chaussée ;
 - ✓ L'arrivée d'eau claire dans les égouts ou dans d'autres ouvrages ;
 - ✓ Des murs humides (eau montant par capillarité) ;

- ✓ Des bruits sur les branchements d'abonné.
- Une baisse anormale du niveau d'un réservoir ;
- Une augmentation croissante de la consommation de nuit.

Enfin, des mesures sur le terrain, à l'aide des techniques de corrélation acoustique peuvent être envisagées lorsque les manifestations sur le terrain ne suffisent plus. Ce genre de mesures permet alors de retrouver précisément quelles sont les conduites les plus dégradées [Blindu, 2004].

3.5 Ruptures ou fuites apparentes

Ces ruptures sont celles qui entraînent automatiquement une intervention sur le réseau, on parle alors de « défaillance ». Elles sont mises en évidence, soit parce qu'elles entraînent au niveau de la chaussée une inondation plus ou moins importante, soit parce que l'on constate une augmentation brutale de la consommation de nuit. Dans ce cas on peut alors retrouver avec précision l'endroit de la rupture ou de la fuite à l'aide du système de vannes. Ces casses caractérisent bien sûr un mauvais état de la conduite et une certaine fragilisation. Elles peuvent avoir lieu à la suite d'une corrosion dans le temps de la conduite consécutive à un mouvement du sol ou à une augmentation de la pression interne. Elles correspondent soit à une diminution de la paroi de la conduite, soit à la formation de trous. En général, ces ruptures sont différentes selon le diamètre. En fonction du diamètre et du type de défaillances, les ruptures transversales ont lieu surtout sur les petits diamètres alors que les gros diamètres subissent plutôt des ruptures longitudinales ou des piquages. Elles peuvent également concerner les fuites au niveau des joints (pour les diamètres plus élevés) qui en fonction de leurs importances deviennent apparentes [Blindu, 2004].

3.6 Problème de gestion des réseaux d'A.E.P

Les problèmes de gestion des réseaux sont très divers :

- Méconnaissance des besoins en eau des populations ;
- Entretien quasi-nul des canalisations et de leurs accessoires ;
- Fuites non répertoriées ;
- Interventions trop lentes sur les fuites ;
- Personnel insuffisant et non qualifié ;
- Inexistence de pompes de secours au niveau des stations de pompage.

Les problèmes cités ci-dessus peuvent se manifester sur un réseau d'alimentation en eau potable, via le diagnostic, l'ingénieur hydraulicien est tenu à approfondir son investigation afin de bien connaître leurs origines dans le but de rendre le réseau plus fiable en optant pour des solutions adéquates.

4. Étapes de diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable

La réalisation d'un diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable consiste en une démarche progressive, organisée et rationnelle.

La démarche du diagnostic comprend un certain nombre d'étapes, il s'agit dans tout les cas d'établir un cheminement possible entre les observations, les causes possibles et d'évaluer les conséquences induites dans le seul objectif de définir un programme d'action.

Les différentes étapes du diagnostic d'un réseau d'alimentation en eau potable sont illustrées dans le schéma suivant :

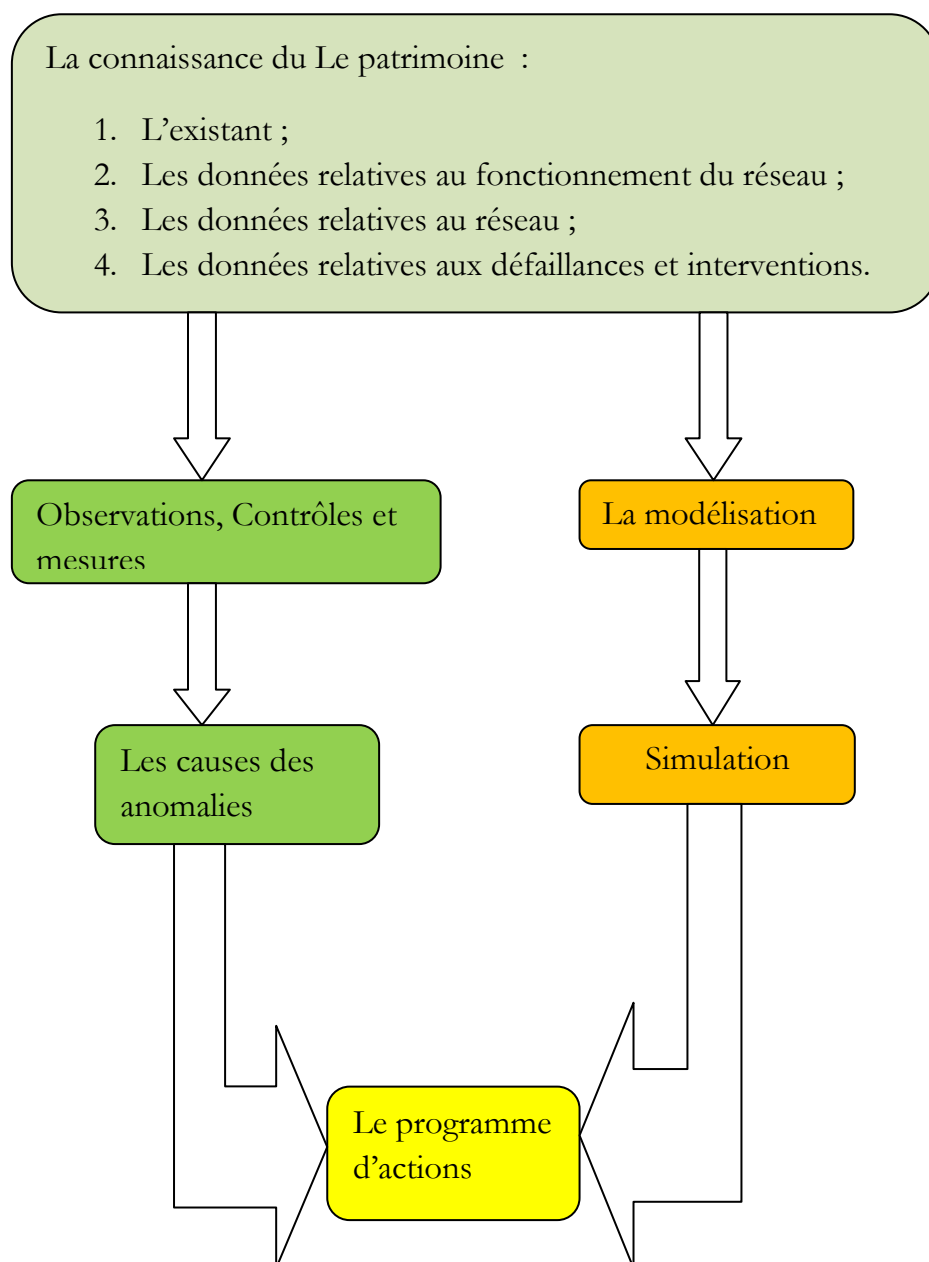


Figure II-1 : Différentes étapes du diagnostic d'un réseau d'A.E.P

4.1 Connaissance du patrimoine

C'est presque une évidence de dire que, pour bien gérer un système, il convient de bien le connaître. Cette évidence, loin d'être toujours respectée en matière de réseau, est cependant un critère impératif pour l'approche du renouvellement.

Cette connaissance doit être basée sur les quatre points suivants:

4.1.1 Connaissance de l'existant

Il est indispensable de bien connaître la position et le linéaire des différentes conduites du réseau, leur matériau, leur diamètre et leur âge, de même que la localisation et le type des différents appareils (mesures, protection du réseau etc.). Cette connaissance doit être transposée sur des plans de réseau mis à jour régulièrement.

Les plans sont habituellement de deux types :

Des plans généraux à échelle relativement petite entre 1/2000 et 1/1000 qui permettent d'avoir l'ensemble du réseau et facilitent la compréhension de son fonctionnement notamment lorsqu'il faut isoler un secteur.

De nombreux services possèdent ce type de plans, mais tous ne sont pas remis systématiquement à jour. Trop souvent, chaque agent reporte les modifications dont il a connaissance sur son propre plan sans faire remonter cette information. L'utilisation de « Systèmes d'Information Géographiques » (SIG), lorsqu'ils sont adaptés aux besoins des utilisateurs, faciliteraient cette tâche. Sur ces plans doivent figurer :

- ✓ Tous les équipements et appareils liés au fonctionnement du réseau (réservoirs, vannes, appareils de régulation,...) ;
- ✓ Le diamètre et le matériau des conduites ;
- ✓ Quelques côtes altimétriques du terrain.

Des plans précis à grande échelle (au 1/200, 1/500), définis par rue, sur lesquels figureront :

- ✓ L'emplacement des branchements et la triangulation des robinets de prise en charge ;
- ✓ Le positionnement exact du réseau (en 3D) et de ces appareils annoncés (appelés à vidanges et ventouses) ;
- ✓ La position des réseaux voisins ;
- ✓ Le matériau, le diamètre et l'âge de la conduite et des branchements.

4.1.2 Information relative au fonctionnement du réseau

Il s'agit là d'un aspect de la connaissance moins habituel que le précédent, mais certainement tout aussi important et en outre très complémentaire.

Dés qu'il atteint une certaine importance, soit 100000m³ mis en distribution par an, par exemple, le réseau doit être organisé en secteur de distribution, et il est impératif de bien connaître les différentes catégories de volumes pour l'ensemble du réseau et pour chacun des secteurs, notamment :

- Le volume mis en distribution annuellement ;
- Les volumes comptabilisés pendant la même période ;
- Les divers volumes non comptabilisés (les pertes d'eau, le volume consommé pour les incendies ...) ;
- Les paramètres hydrauliques de chaque tronçon.

Il peut également être intéressant d'avoir une idée des principales lignes piézométriques à différentes périodes, de connaître l'évolution des caractéristiques de l'eau, de même que de réaliser périodiquement des analyses de débit sur les compteurs des différents secteurs de distribution.

4.1.3 Données relatives au réseau

La nature et l'origine des données sont différentes selon les services concernés par le réseau. Globalement, l'information relative au réseau conduira à la liste suivante :

- Secteur, nom de la rue et éventuellement le numéro du bâtiment ;
- Le diamètre des tronçons ;
- La longueur des tronçons ;
- Equipements de réseaux (vannes, des organes de régulation, ventouses, etc.) ;
- La date de pose ;
- Emplacement de la conduite par rapport à la chaussée ;
- Conditions de pose et protection ;
- Le matériau des canalisations ;
- Ouvrages annexes (éléments des réservoirs, les stations de pompage ou de traitement d'eau dont les caractéristiques interviennent dans les calculs des réseaux) ;
- Points des livraisons particuliers :
 - ✓ Poteaux et bouches d'incendie ;
 - ✓ Abonnés spéciaux (hôpitaux, installations de lutte contre l'incendie, etc. ...).
- Pressions (charge hydraulique) :

- ✓ La charge maximale autorisée ;
 - ✓ La charge prévue (valeur théorique) ;
 - ✓ La charge de service ;
 - ✓ La charge de sécurité.
- Débits ;
 - Nombre d'abonnés par unité de longueur ;
 - Date du dernier abonné ;
 - Nature de l'eau ;
 - Le sol et sa corrosivité ;
 - Le trafic automobile.

4.1.4 Données concernant les défaillances et interventions

Les défaillances considérées ici sont les fuites ou casses ayant engendré une réparation au niveau du tuyau, ce qui exclut les fuites diffuses.

La réparation des défaillances est l'occasion de renseigner certaines variables de détérioration (profondeur de pose, nature de sol, humidité du sol) ainsi que l'état de corrosion de la conduite.

Apparemment, il existe aucune norme concernant la description des différents travaux d'entretien ou de réparation. C'est pourquoi, il est parfois impossible de distinguer une réparation effectuée sur un tuyau ou sur un branchement ou de discerner la canalisation affectée, lorsque deux conduites existent sur une même rue, le diamètre n'étant pas toujours indiqué.

En résumé, les fiches et les formulaires associés aux défaillances et aux observations des dysfonctionnements fournissent les renseignements suivants [*Blindu*, 2004] :

- La rue et le secteur où a eu lieu la défaillance;
- La date et l'heure de la défaillance ;
- Le diamètre ;
- Le type de réparation ;
- Le temps d'intervention ;
- Les outils, pièces et matériaux utilisés ;
- La cause de la défaillance ;
- Le coût de la réparation ou du remplacement.

4.2 Observations, contrôles et mesures

En connaissant bien le patrimoine du service d'alimentation en eau potable et de son mode de fonctionnement, on passe à l'étape suivante qui comprend une campagne d'observations, de contrôles et de mesures dans le but d'identifier les dysfonctionnements.

4.2.1 Mise à jour et vérification des plans du réseau

Il s'agit ici de mettre à jour et de vérifier les plans de réseau existants nécessaires à sa gestion et à la poursuite du diagnostic.

Lors de cette phase le fonctionnement des vannes de sectionnement devra être vérifié afin de proposer si nécessaire leur remplacement dans le plan de sectorisation.

La présentation d'une série de plans à l'échelle la plus adaptée sur le fond cadastral digitalisé sur lesquels seront reportés :

- Le tracé des canalisations avec les informations : nature de la canalisation, diamètre, tracé et si possible son âge et sa profondeur ;
- Les vannes de sectionnement et de branchement avec les informations sur le type, le fonctionnement, ... ;
- Les organes particuliers du réseau (ventouses, vidanges, bouches à clé,...) avec leur type et mode de fonctionnement;
- Les bouches et poteaux d'incendie avec informations sur le type et le débit disponible.

4.2.2 Analyse de la production

4.2.2.1 Production : quantité

Cette analyse sera réalisée à partir des relevés périodiques effectués sur au moins 5 ans. Elle permettra de préciser l'évolution de la production au cours des dernières années, ses variations saisonnières ainsi que la pointe journalière qui sera utile dans la suite de l'étude pour dresser le bilan besoin-ressources.

La validité des données du comptage fera l'objet d'une analyse critique prenant en compte l'ensemble des éléments pouvant avoir une influence (type de compteur, diamètre, emplacement, âge) et la date du dernier étalonnage.

A ce titre, une vérification de la fiabilité des compteurs de production et des compteurs généraux de distribution sera effectuée au moyen d'un débitmètre à ultrasons. En cas d'erreur supérieure à 5 %, un étalonnage sera effectué, suivi d'une proposition d'une correction des mesures antérieures en précisant les hypothèses de dérive.

4.2.2.2 Production : qualité

Une analyse de la qualité de l'eau produite devra être effectuée.

Le chargé d'étude proposera une synthèse de la qualité des eaux distribuées en fonction des données des services des Eaux (paramètres physico-chimiques, retour d'eau, plaintes des abonnés etc...). Il sera particulièrement bien vérifié, au moyen des analyses fournies par le service des Eaux, que l'eau distribuée n'est pas agressive

et donc n'est pas de nature à corroder les canalisations.

4.2.3 Analyse de la consommation-distribution

Cette analyse se fera à partir des relevés périodiques effectués sur les 5 dernières années. Elle tendra à mettre en évidence les éventuelles tendances et son évolution sera à interpréter par rapport à l'évolution de la production.

La structure de consommation sera mise en évidence et caractérisée par :

- La répartition des consommations entre consommations domestiques, agricoles, industrielles, à usage public;
- La répartition des abonnés par tranche de consommation et par commune.

4.2.3.1 Estimation des consommations non comptabilisées

Une liste aussi exhaustive que possible des consommations non comptabilisées sera dressée (usage collectif, parasitage, défense incendie, exploitation et pertes).

Celles-ci seront soit estimées par référence à des ratios habituels et à enquête sur place, soit mesurées lorsque cela est possible et garantira une représentativité plus importante que par simple estimation.

4.2.3.2 Visite des ouvrages et examen des pertes du service d'eau

Dans cette étape, on visitera les ouvrages du réseau (production, traitement, stockage, pompage) en vue :

- D'estimer les volumes éventuellement utilisés du fait de lavages de filtres ou de trop pleins par exemple ;
- De déceler d'éventuelles anomalies ;
- D'avoir une idée de l'état des ouvrages et des travaux à entreprendre dans le cadre du programme d'actions.

4.2.3.3 Examen des pressions sur le réseau

Dans cette étape, on vérifiera que les pressions observées sur le réseau ne sont pas :

- Excessives et génératrices de surconsommation chez l'abonné ou de débits de fuite importants sur les canalisations ;
- Trop faibles et génératrices de problèmes de distribution ou de dysfonctionnement des appareils ménagers et industriels.

4.2.4 Etablissement du bilan besoin-ressource

4.2.4.1 Ressources

On caractérisera quantitativement et qualitativement les ressources. On jugera de la vulnérabilité par rapport à leur environnement, leurs caractéristiques intrinsèques et inventoriara les solutions de nature à résoudre les problèmes

identifiés (protection, abandon, création de traitement,...).

4.2.4.2 Besoins

Les besoins seront évalués en tenant compte des hypothèses réalistes de croissance de la population, mais également en prenant en compte les économies d'eau possibles sur le territoire.

4.3 Détermination des causes des anomalies

Dans cette étape du diagnostic, on recherche les causes possible des dysfonctionnements signalés dans l'étape précédente, en procédant par annulation de tout ce qui ne peut pas être la cause des anomalies, et en essayant de cerner la zone d'où le problème peut provenir.

Cette étape permet de nous orienter et de nous aider à élaborer un programme d'actions dans le but de remédier à tous les problèmes du réseau et à le rendre fiable.

4.4 Modélisation

4.4.1 Objectifs et limites de la modélisation

L'objectif de la modélisation est double :

- Permettre d'estimer les besoins en renforcement et en extension du réseau en terme d'infrastructure ;
- Permettre d'obtenir une vision du fonctionnement du réseau en toute condition au degré de précision désiré.

La précision d'une telle modélisation est naturellement liée à la qualité des données entrantes dans le modèle. A ce titre l'étape d'analyse du réseau d'AEP préalablement réalisée a permis de collecter les données nécessaires. On s'attachera néanmoins à porter un regard critique sur ces données et émettre des doutes sur l'identification correcte des abonnés et compteurs le cas échéant.

4.4.2 Campagne de mesures

La campagne de mesures sera réalisée sur une période d'au moins une semaine avec un pas de temps ≤ 5 minutes.

Les points de comptages seront au minimum les compteurs de sectorisation, et on pourra proposer des points supplémentaires compte tenu de la configuration du réseau.

Les enregistrements suivants sont à réaliser ; ils seront faits en simultanément :

- Mesure des débits ou des volumes mis en distribution dans le réseau secteur par secteur (sur les compteurs existants ou à l'aide de débitmètres portatifs placés sur les conduites de distribution) ;

- Mesures des variations de niveau dans les bâches de stockage, reprises et réservoirs ;
- Mesures des pressions sur le réseau ;
- Mesures des périodes de fonctionnement des pompes des stations de pompage et de surpression (par exemple à l'aide de pinces ampérométriques).

Cette campagne de mesures sera utilisée pour aider à la compréhension du fonctionnement du réseau, identifier les problèmes éventuels. Elle sera également utilisée pour le calage du modèle.

4.4.3 Construction du modèle

Les objectifs attendus de la modélisation sont les suivants :

- Valider la constitution du réseau et l'état de fonctionnement ;
- Examiner les solutions envisageables pour résoudre les problèmes observés (stockage, débit, pression) ;
- Définir les travaux à mettre en place pour faire face à la situation actuelle et future ;
- Fournir au gestionnaire un outil opérationnel lui permettant d'effectuer lui-même les simulations futures.

Calage du modèle

On procédera à la saisie des données du réseau et des ouvrages sous informatique pour l'élaboration du modèle.

Avant toute simulation, le modèle sera obligatoirement calé en utilisant les résultats de la campagne de mesures débit, pression, niveau, temps de pompage.

Le calage devra être vérifié à chaque endroit où la campagne de mesures aura été faite. La comparaison des courbes de la campagne de mesures et du modèle calé devra être faite.

4.4.4 Simulation

4.4.4.1 Simulation actuelle

On réalisera la modélisation en situation actuelle en fonctionnement dynamique. L'analyse de la simulation actuelle devra permettre d'identifier les problèmes (débit/pression insuffisants, vitesses et temps de séjour dans les conduites, fonctionnement des ouvrages de production et de stockage...).

4.4.4.2 Simulations futures

On réalisera cette simulation à la période future sur la base du bilan besoin-ressource réalisé précédemment. Plusieurs scénarios seront étudiés.

En cas de démarche de substitution de ressource engagée par la commune sur voirie, espaces verts ou AEP, la modélisation prospective veillera à prendre en compte ce paramètre.

4.5 Programme d'action

Dans cette étape, on fera une synthèse des phases d'étude précédentes en vue :

- De proposer et d'estimer la mise en place de compteurs de sectorisation dans la mesure du possible ;
- De proposer une campagne de recherche de fuites sur le terrain ;
- De proposer une hiérarchisation des interventions à réaliser sur les ouvrages ;
- De proposer un programme d'action chiffré et hiérarchisé en fonction du temps d'amortissement des investissements à prévoir et éventuellement de certaines urgences de travaux qui pourraient apparaître. Pour chaque type d'action préconisée, les matériels et moyens les mieux adaptés seront précisés ;
- De remettre un guide au service des eaux et aux responsables de l'étude, pour un suivi correct de fonctionnement du réseau ;
- De proposer une méthode de relevé et de contrôle annuel des volumes produits et distribués (par secteur significatif).

Conclusion

La gestion technique d'un réseau d'alimentation en eau potable a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau répondant aux normes de qualité, à un prix compétitif et à une continuité du service sans défaut. Une bonne connaissance des infrastructures, du fonctionnement hydraulique et de l'état d'entretien du réseau sont les garants d'une gestion efficace du réseau et de ses services. Mais avec le temps, le vieillissement du réseau engendre des perturbations. Une dégradation de la qualité du service et de l'état des infrastructures sont observées sur le réseau avec le cortège des symptômes caractéristiques, le nombre croissant d'interventions, l'augmentation des pertes de charge et les plaintes des usagers.

Le diagnostic d'un réseau d'alimentation en eau potable va permettre d'identifier les causes des dysfonctionnements et nous orienter sur les démarches à suivre afin d'y remédier, et nous permet aussi d'identifier :

- Le degré de vieillissement du réseau ;
- Le taux de fuite dans le réseau ;
- Le manque de données de la banque concernant les infrastructures, distribution en temps réel et le nombre d'intervention sur le réseau ;
- L'insuffisance du réseau de capteurs du suivi du comportement hydraulique du réseau ;

- Les canalisations nécessitant un revêtement immédiat ;
- Le nombre de piquages illégaux sur le réseau ;

Ayant identifié tout ces anomalies, nous pouvons rendre le réseau plus fiable en corrigeant les erreurs et en actualisant les donnée dans le but de faciliter la gestion du réseau et de satisfaire ses usagers.

Chapitre III

Analyse générale du réseau

Chapitre III

Analyse générale du réseau d'A.E.P de la commune de Beni Douala

Dans ce chapitre, nous allons analyser toutes les installations existantes dans le réseau d'AEP de la commune de Beni Douala dans le but de cerner les zones noires du réseau.

1. Ouvrages de production

La production d'eau potable est assurée par deux champs de captage. Le premier est situé au lieu dit Bouaid aux environs de Boukhalfa à 04 km à l'ouest de la ville de Tizi Ouzou, et comporte sept (07) forages numérotés comme suite :

BA 01, BA 02, BA 03, BA 04, BA 05, BA 06 et BA 07 et dont les caractéristiques figurent ci-après (Tableau III-1) :

Tableau III-1 : Caractéristiques des forages du champ captant Bouaid

N° du forage	Débit (m ³ /h)	H.M.T (m)	Puissance (Kw)	Equipement			
				Débitmètre	Manomètre	Vanne	Clapet
F1(BA 03)	180	150	110	Défectueux	Défectueux	Bon état	Bon état
F2(BA 06)	180	150	110	Bon état	Défectueux	Bon état	Bon état
F3(BA 04)	180	150	110	Bon état	Bon état	Bon état	Bon état
F4(BA 02)	180	150	110	Défectueux	Défectueux	Bon état	Bon état
F5(BA 01)	180	150	110	Bon état	Bon état	Bon état	Bon état
F6(BA 05)	87	170	75	Bon état	Défectueux	Bon état	Bon état
F7(BA 07)	108	150	78	Bon état	Défectueux	Bon état	Bon état

Ces sept (07) forages ont donc une capacité de production théorique de 1095 m³/h.

Quant au deuxième champ de captage, il est situé à Takhoukht à une vingtaine de kilomètres au sud de la ville de Tizi Ouzou, et comporte quatre (04) forages, numérotés de 1 à 4 dont les caractéristiques figurent ci-après (Tableau III-2) :

Tableau III-2 : Caractéristiques des forages du champ captant Takhoukht

N° du forage	Débit (m ³ /h)	H.M.T (m)	Puissance (Kw)	Equipement			
				Débitmètre	Manomètre	Vanne	Clapet
F1	80	42	17	Défectueux	Défectueux	Bon état	Bon état
F2	72	42	15	Bon état	Défectueux	Bon état	Bon état
F3	30	42	7	Bon état	Bon état	Bon état	Bon état
F4	100	42	20	Défectueux	Défectueux	Bon état	Bon état

Ces quatre (04) forages ont une capacité de production théorique de 282 m³/h. Les deux (02) champs de captage ont au total une capacité de production théorique de 1377 m³/h. Ils n'alimentent pas seulement la localité de Beni douala, mais aussi d'autres localités. Le champ de Bouaid alimente en plus de la localité de Beni douala, celle de Maatkas. Quant au champ de captage de Takhoukht, il alimente une partie de la daïra de Beni douala et principalement la commune de Tagmount Azouz.

Nous avons constaté lors de nos visites sur sites des défaillances au niveau de l'équipement des forages qui touchent :

- Deux (02) débitmètres et cinq (05) manomètres au niveau du champ captant de Bouaid ;
- Deux (02) débitmètres et trois (03) manomètres au niveau du champ captant de Takhoukht.

Quant aux vannes et clapet, leur état a été jugé bon.

Les défaillances peuvent être dues aux actes de sabotages, ou encore à la négligence des agents chargés de l'entretien et de la maintenance.

2. Stations de pompages

Comme nous l'avons précédemment mentionné, la production d'eau est assurée par deux champs de captage, ceci demande deux réseaux pour l'acheminement de cette eau vers les deux réservoirs de Djouad. Dans chaque cas, le chemin est long et ramifié, ces ramifications servent à desservir les localités se trouvant entre les champs de captage et les deux réservoirs de Djouad.

Les deux réseaux qui servent à acheminer l'eau des deux champs de captage vers les deux (02) réservoirs de Djouad comportent quatre (04) stations de pompage, deux (02) pour chacun.

2.1 Chaîne de Tassadort

Ce réseau achemine de l'eau depuis le champ de captage de Bouaid vers les deux (02) réservoirs de Djouad ainsi que vers d'autres localités.

Il comporte deux (02) stations de pompage qui sont :

- La station de pompage de Tassadort ;
- La station de pompage d'ait Anane.

2.1.1 Station de pompage de Tassadort

La station de pompage de Tassadort est située à une altitude de 90 m NGA, elle est conçue pour alimenter deux (02) régions distinctes, la région de Maatkas et celle de Beni Douala.

La station de pompage est dotée de sept (07) groupes électropompes. Trois (03)

sont destinés pour la région de Beni Douala et deux (02) pour la région de Maatkas, les deux (02) autres groupes peuvent alimenter les deux directions moyennant des conduites en « y » installés à l'intérieur de la station.

Les caractéristiques des différents groupes sont portées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III-3 : Fiche technique des groupes électropompes

N° du groupe	Débit (m ³ /h)	H.M.T (m)	P _{moteur} (Kw)	Tubulure d'aspiration		Tubulure de refoulement		
				Diamètre	Vanne	Diamètre	Vanne	Clapet
G1	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G2	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G3	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G4	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G5	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G6	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G7	450	596	1060	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250

2.1.2 Station de pompage d'Ait Anane

La station d'Ait Anane refoule les eaux vers deux (02) directions, l'une est le réservoir surélevé d'Ait Anane haut avec deux (02) groupes électropompes et l'autre direction est l'un des deux (02) réservoirs de Djouad à Beni Douala avec trois (03) groupes électropompes.

Les caractéristiques des différents groupes sont portées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III-4 : Fiche technique des groupes électropompes

N° du groupe	Débit (m ³ /h)	H.M.T (m)	P _{moteur} (Kw)	Tubulure d'aspiration		Tubulure de refoulement		
				Diamètre	Vanne	Diamètre	Vanne	Clapet
G1	150	185	353	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G2	150	185	353	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G3	150	185	353	DN 400	DN 400	DN 250	DN 250	DN 250
G4	52	42	3.8	DN 80	DN 80	DN 80	DN 80	DN 100
G5	52	42	3.8	DN 80	DN 80	DN 80	DN 100	DN 100

C'est les trois (03) électropompes G1, G2 et G3 qui alimentent le réservoir Djouad avec un débit total de (3x150) m³/h.

2.2 Chaîne de Takhoukht

La chaîne de Takhoukht est destinée à alimenter une partie de la Daïra de Beni Douala et principalement la commune de Tagmount Azouz.

Elle comporte deux (02) stations de reprises qui sont :

- La station de reprise de Takhoukht ;
- La station de reprise d'Agouni Arous.

2.2.1 Station de reprise de Takhoukht

La station de reprise comporte quatre (04) groupes électropompes, deux (02) groupes anciens et deux (02) groupes rénovés.

Les caractéristiques des différents groupes sont portées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III-5 : Fiche technique des groupes électropompes

N° du groupe	Débit (m ³ /h)	H.M.T (m)	P _{moteur} (Kw)	Tubulure d'aspiration		Tubulure de refoulement		
				Diamètre	Vanne	Diamètre	Vanne	Clapet
G1	114	588	300	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100
G2	114	588	300	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100
G3	114	588	280	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100
G4	114	588	280	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100

2.2.2 Station de reprise d'Agouni Arous

La station de reprise comporte quatre (04) groupes électropompes, deux (02) groupes anciens et deux (02) groupes rénovés.

Les caractéristiques des différents groupes sont portées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III-6 : Fiche technique des groupes électropompes

N° du groupe	Débit (m ³ /h)	H.M.T (m)	P _{moteur} (Kw)	Tubulure d'aspiration		Tubulure de refoulement		
				Diamètre	Vanne	Diamètre	Vanne	Clapet
G1	120	290	180	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100
G2	120	290	180	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100
G3	120	190	110	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100
G4	120	190	110	DN 150	DN 150 PN 10	DN 100	DN 100 PN 40	DN 100

L'autre réservoir Djouad reçoit de l'eau par les quatre (04) pompes de cette station avec un débit de (4x120) m³/h.

Le débit total qui arrive au deux (02) réservoirs Djouad est de 930 m³/h, ce qui est largement suffisant pour répondre aux besoins de la population aux deux horizons actuel et futur qui sont respectivement 291,86 m³/h et 332,73 m³/h.

3. Ouvrages de stockage

Le réseau d'alimentation en eau potable de Beni Douala comporte plusieurs réservoirs interconnectés de manière à assurer la desserte de l'ensemble des villages

de la commune et faire face à la topographie de la région en maintenant des pressions appréciables au niveau du réseau.

Chaque réservoir est alimenté par le ou les réservoirs qui le précèdent, et alimente à son tour le ou les réservoirs suivants ainsi qu'un ou plusieurs villages où il est implanté.

Les différentes caractéristiques techniques des réservoirs existants sont portées dans le tableau suivant :

Tableau III-7 : Caractéristiques techniques des réservoirs

N°	Dénomination	Capacité (m3)	CR (m)	CTP (m)
R1	Djouad	1000	878	882
R2	Djouad	1000	878	882
R3	Icherdiouene Oufella	500	870	874
R4	Ait Mesbah	300	830	833
R5	Lekka Ferhat	300	845	848
R6	Taguemount Oukerrouch	200	740	743
R7	Taguemount Oukerrouch	200	745	748
R8	Icherdiouene Bouadda	200	690	693
R9	Ait Bou Yahia	500	740	743
R10	Ait Khelfoune	100	520	523
R11	Timeguenounine	100	521	524
R12	Ait el Hadj	75	460	462
R13	Ighil Hamou	200	640	643
R14	Beni Douala (chef-lieu)	200	860	863
R15	Taddart Oufella	500	771	775
R16	Ait Iddir	200	740	743
R17	Ighil Mimoun	75	610	612
R18	Tamaghoucht	300	570	573
R19	Ait Ali Ouali	200	575	578
R20	Tala Khellil	100	550	553

R21	Sidi Messaoud	200	575	578
R22	Taboudris	200	470	473
R23	Ait Hellal	200	470	473

Comme nous le remarquons, les réservoirs sont au nombre de vingt trois (23), ayant une capacité de stockage de 6850 m³ et des cotes de radier qui varient entre 460 et 878 m NGA.

Ci-dessous, nous exposons plus de détail sur les différents réservoirs :

Djouad 2 x 1000 m³

Les deux réservoirs de **Djouad** 2 x 1000 m³ (figure III-5), côte du radier 878 m NGA, reçoivent de l'eau des deux champs captant via les deux chaînes **Tassadort** et **Takhoukht**.

A partir de ces deux réservoirs, se fait l'alimentation de l'ensemble des réservoirs de la commune.

Leurs vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-1: Deux réservoirs 2 X 1000 m³ de Djouad

Icherdiouene Oufella 500 m³

Le réservoir est d'une capacité de 500 m³ (figure III-6), côte du radier 870 m NGA, reçoit de l'eau du réservoir Djouad.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du réservoir d'Ait Mesbah et le village d'Icherdiouene Oufella.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-2: Réservoir 500 m³ d'Icherdiouene Oufella

Taguemount Oukerrouch 200 m³ (ancien)

Le réservoir est d'une capacité de 200 m³ (figure III-7), cote du radier 740 m NGA, reçoit de l'eau du réservoir Lekka Ferhat.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du réservoir d'Icherdiouene Bwadda.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-3 : Réservoir 200m³ Taguemount Oukerrouch

Taguemount Oukerrouch 200 m³ (alimentant Icherdiouene Bwadda)

Le réservoir est d'une capacité de 200 m³ (figure III-8), cote du radier 745 m NGA, reçoit de l'eau du réservoir Lekka Ferhat.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du réservoir d'Icherdiouene Bwadda et le village Taguemount Oukerrouch.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-4 : Réservoir 200m³ Taguemount Oukerrouch

Icherdiouene Bwadda 200 m³

Le réservoir est d'une capacité de 200 m³ (figure III-9), cote du radier 690 m NGA, reçoit de l'eau des deux réservoirs de Taguemount Oukerrouch.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village d'Icherdiouene Bwadda.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-5 : Réservoir 200m³ Ichardiwen Bwadda

Ait Bouyahia 500 m³

Le réservoir est d'une capacité de 500 m³ (figure III-10), cote du radier 740 m NGA, reçoit de l'eau du réservoir Djouad.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation des réservoirs d'Ait Khelfoune et Timeguenounine ainsi que les deux villages d'Ait Bou Yahia et Amsiouene.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-6 : Réservoir 500 m³ Ait Bouyahia

Ighil Hamou 200 m³

Le réservoir est d'une capacité de 200 m³ (figure III-11), cote du radier 640 m NGA, reçoit de l'eau du réservoir du chef lieu.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village d'Ighil Hamou.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-7 : Réservoir 200m³ Ighil Hamou

Réservoir Ighil Mimoun 75m³

Le réservoir est d'une capacité de 75 m³ (figure III-12), cote du radier 610 m NGA, reçoit de l'eau du réservoir Taddart Oufella.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village d'Ighil Mimoun.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-8 : Réservoir 75m³ d'Ighil Mimoune

Réservoir Taboudrist et Ait Hellal 2x200m³

Les deux réservoirs sont d'une capacité de 2X200 m³ (figure III-13), cote du radier 470 m NGA, reçoivent de l'eau à partir du réservoir Taddart Oufella.

A partir de ces réservoirs, se fait l'alimentation des villages d'Ait Hellal et Taboudrist.

Leurs vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-9 : Réservoir 2x200m³ Taboudrist et Ait Hellal

Ait Ali Ouali 200 m³

Le réservoir est d'une capacité de 200 m³ (figure III-14), cote du radier 575 m NGA, reçoit de l'eau à partir du réservoir Taddart Oufella.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village d'Ait Ali Ouali.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-10 : Réservoir 200 m³ Ait Ali Ouali

Réservoir Tamaghoucht 300m³

Le réservoir est d'une capacité de 300 m³ (figure III-15), cote du radier 570 m NGA, reçoit de l'eau à partir du réservoir Taddart Oufella.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village Tamaghoucht.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-11 : Réservoir 300 m³ Tamaghoucht

Réservoir Sidi Messaoud 200 m³

Le réservoir est d'une capacité de 200 m³ (figure III-16), cote du radier 575 m NGA, reçoit de l'eau à partir du réservoir Taddart Oufella.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village d'Ait Bou Ali.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-12 : Réservoir 200 m³ Sidi Messaoud

Réservoir Tala Khellil 100m³

Le réservoir est d'une capacité de 100 m³ (figure III-17), cote du radier 550 m NGA, reçoit de l'eau à partir du réservoir Taddart Oufella.

A partir de ce réservoir, se fait l'alimentation du village Tala Khellil.

Ses vannes sont intactes et fonctionnelles.



Figure III-13 : Réservoir 100 m³ Tala Khellil

Lors de notre visite sur le site, Nous avons constaté l'absence de vannes à flotteur au niveau de plusieurs réservoirs, par conséquent, on perd des quantités très importantes d'eau, qui inondent les terres environnantes.

4. Canalisations

Suites aux investigations menées sur les lieux et les informations communiquées par les agents de l'A.D.E. de Beni Douala, nous dressons les tableaux de l'état des lieux pour les conduites d'adduction et celles de distribution.

Nous nous intéressons seulement aux conduites qui servent à acheminer de l'eau depuis les deux réservoirs de Djouad vers les consommateurs des différents villages de la commune de Beni Douala.

4.1 Caractéristiques et état des conduites d'adduction

Nous avons collecté les différentes données caractérisant les conduites qui relient les différents réservoirs les uns aux autres. Comme chacun des deux (02) réservoirs de Djouad alimente une zone déterminée, nous avons portée les informations dans les deux tableaux ci-dessous, l'un concerne la zone Nord et l'autre la zone Sud.

Zone Nord

Tableau III-8 : Caractéristiques techniques et état des conduites de la zone Nord

Départ	La Partie Alimentée	Caractéristiques			Etat
		DN (Mm)	Nature	Longueur (M)	
Réservoir Djouad (1000m ³)	Le point de piquage A (altitude 868 m)	300	Acier	1100	Bon état
Le point de piquage A (altitude 868 m)	Réservoir (500m ³) Ait Bouyahia	100	Acier	800	Bon état
	Réservoir (200m ³) Ait Douala	250	Acier	450	Moyen
Réservoir (500 m ³) Ait Bouyahia	Village ait Bouyahia	100	Acier	50	Moyen
	Réservoir (100 m ³) Ait Khelfoune	80	Acier	2600	Mauvais état
	Réservoir Timegnounine (100m ³)	50	Acier	2600	Mauvais état
Réservoir (100 m ³) Ait Khelfoune	Réservoir Ait El hadj (75m ³)	40	Acier	500	Mauvais état
	Village Ait Khelfoune	80	Acier	50	Moyen
Réservoir Timegnounine (100m ³)	Village Timegnounine	80	Acier	50	Mauvais état
Réservoir Ait El hadj (75m ³)	Village Ait el hadj	80	Acier	50	Moyen
Réservoir (200 m ³) Ait Douala	Point de piquage B (altitude 815 m)	125	Acier	900	Mauvais état
	Chef lieu	200	Acier	49	(piqué)
Point de piquage B (altitude 815 m)	Réservoir Ighil Hamou (200m ³)	80	Acier	1700	Bon Etat
	Réservoir Taddart Oufella (500m ³)	125	Acier	1000	Mauvais Etat
Réservoir Ighil Hamou (200m ³)	Village Ighil Hamou	100	Acier	50	Moyen
Réservoir Taddart Oufella (500m ³)	Point de piquage C (altitude 742 m)	125	Acier	248	Mauvais état
	Village Taddart Oufella	100	Acier	50	Moyen
Point de piquage C (altitude 742 m)	Réservoir Ait Iddir (200m ³)	100	Acier	1	Mauvais état
	Point de piquage D (altitude 612 m)	125	Acier	664	Mauvais état
Réservoir Ait Iddir (200m ³)	Village Ait Iddir	80	Acier	50	Moyen
Point de piquage D (altitude 612 m)	Réservoir Ighil Mimoun	80	Acier	550	Moyen
	Point de piquage E (altitude 580 m)	125	Acier	1038	Mauvais état
Réservoir Ighil Mimoun	Village Ighil Mimoun	80	Acier	550	Moyen
Point de piquage E (altitude 580 m)	Réservoir Ait Ali Ouali (200m ³)	110	PEHD	350	Bon état
	Réservoir Tamaghoucht (300m ³)	125	Acier	310	Bon état
	Point de piquage F (altitude 577 m)	125	Acier	470	Bon état
Réservoir Ait Ali Ouali (200m ³)	Village Ait Ali Ouali	80	Acier	50	Moyen
Réservoir Tamaghoucht (300m ³)	Village Tamaghoucht	80	Acier	50	Moyen
Point de piquage F (altitude 577 m)	Réservoir sidi Messaoud (200m ³)	125	Acier	1	Bon état
	Réservoir 2x(200m ³)	80	Acier	1300	Mauvais état
	Point de piquage G (altitude 560 m)	125	Acier	580	Bon état
Réservoir 2x(200m ³)	Village Ait Hellal	80	Acier	50	Moyen
	Village Taboudrist	100	Acier	50	Moyen
Réservoir sidi Messaoud (200m ³)	Village Ait Bou Ali	100	Acier	50	Mauvais état
Point de piquage G (altitude 560 m)	Réservoir Tala Khellil (200m ³)	125	Acier	60	Etat moyen
Réservoir Tala Khellil (200m ³)	Village Tala Khellil	100	Acier	50	Moyen

Zone Sud**Tableau III-9 : Caractéristiques techniques et état des conduites de la zone Sud**

Départ	La Partie Alimenté	Caractéristiques			Etat
		DN (Mm)	Nature	Longueur (M)	
Réservoir Djouad (1000m ³)	Réservoir Icherdiouene Oufella (500m ³)	250	Acier	1400	Etat moyen
	Réservoir Ait Mesbah (300m ³)	110	PEHD	2000	Etat moyen
	Réservoir Lekka Ferhat (300m ³)	150	Acier	3200	Etat moyen
Réservoir Icherdiouene Oufella (500m ³)	Réservoir Ait Mesbah (300m ³)	100	Acier	200	Très mauvais état
	village Icherdiouene Oufella	80	Acier	50	Etat moyen
Réservoir Ait Mesbah (300m ³)	village Ait Mesbah	100	Acier	50	Etat moyen
Réservoir Lekka Ferhat (300m ³)	Réservoir 1 Taguemount Oukerrouch (200m ³)	80	Acier	850	Etat moyen
	Réservoir 2 Taguemount Oukerrouch (200m ³)	80	PEHD	950	Bon état
Réservoir 1 Taguemount Oukerrouch (200m ³)	Réservoir Icherdiouene Bwadda (200m ³)	80	Acier	1600	état moyen
Réservoir 2 Taguemount Oukerrouch (200m ³)	Réservoir Icherdiouene	80	PEHD	1600	Bon état
	village Taguemount Oukerrouch	80	Acier	50	Etat moyen
Réservoir Icherdiouene Bwadda (200m ³)	village Icherdiouene Bwadda	80	Acier	50	Etat moyen

L'état des conduites d'adduction dépend de plusieurs paramètres qui sont : la nature du sol, la nature du matériau, la composition de l'eau, la vitesse et la pression de l'eau dans ces conduites. Pour ce qui concerne notre réseau d'adduction, les vitesses faibles en certains tronçons et les interruptions de l'alimentation donnent aux matières en suspension le temps de se déposer en engendrant la réduction des diamètres et en constituant un milieu favorable pour la prolifération des bactéries qui corrodent les conduites et anticipent l'apparition des fuites. En outre, les vitesses importantes détériorent les conduites, comme c'est le cas pour la conduite qui relie le réservoir d'Icherdiouene Oufella au réservoir d'Ait Mesbah qui est en très mauvais état, c'est pourquoi on l'a remplacé par une conduite qui alimente le réservoir d'Ait Mesbah directement depuis le réservoir de Djouad. La corrosion des conduites peut aussi être relié à la nature du sol dans lequel elles sont enterrée, donc on doit prélever des échantillons afin de les analyser et de bien choisir le matériau des conduites ou de définir les solutions adéquates pour lutter contre la corrosion.

4.2 Caractéristiques et état des conduites de distribution du chef lieu

Vu la non disponibilité d'information portant sur les caractéristiques des conduites de distribution des différents villages de la commune, nous nous contentons de donner les caractéristiques de celles du chef lieu que nous portons dans le tableau suivant :

Tableau III-10 : Caractéristiques des conduites de distribution du chef lieu

N° de la conduite	Nœud de départ	Nœud d'arrivée	Cote nœud de départ	Cote du nœud d'arrivée	longueur	Diamètre	Nature	Etat
1	Rés B.D.C	N1	860	840	49	200	Acier	Bon état
2	N1	N2	840	838	56	150	Acier	Bon état
3	N2	N3	838	836	145	100	Acier	Etat moyen
4	N3	N4	836	835	75	100	Acier	Etat moyen
5	N4	N5	835	833	145	100	Acier	Etat moyen
6	N5	N6	833	832	148	40	Acier	Etat moyen
7	N6	N7	832	831,5	121	40	Acier	Etat moyen
8	N7	N8	831,5	831	115	40	Acier	Etat moyen
9	N8	N9	831	830	89	40	Acier	Etat moyen
10	N2	N10	838	837	97	80	Acier	Etat moyen
11	N10	N11	837	836	79	80	Acier	Etat moyen
12	N11	N12	836	837	93	80	Acier	Etat moyen
13	N12	N13	837	836	95	80	Acier	Etat moyen
14	N13	N14	836	835	44	40	Acier	Etat moyen
15	N14	N15	835	836	156	40	Acier	Etat moyen
16	N1	N16	840	837	258	100	Acier	Etat moyen
17	N16	N17	837	836	256	80	Acier	Etat moyen
18	N17	N10	836	837	89	40	Acier	Etat moyen
19	N11	N18	836	837	202	40	Acier	Etat moyen
20	N12	N19	837	838	137	40	Acier	Etat moyen
21	N13	N20	836	835	87	40	Acier	Etat moyen
22	N20	N21	835	834	88	40	Acier	Etat moyen
23	N21	N22	834	833	88	40	Acier	Etat moyen
24	N22	N23	833	832	88	40	Acier	Etat moyen
25	N3	N24	836	837	133	40	Acier	Etat moyen
26	N4	N25	835	835,5	134	80	Acier	Etat moyen
27	N25	N26	835,5	836,2	134	80	Acier	Etat moyen
28	N26	N27	836,2	836	145	60	Acier	Etat moyen
29	N27	N28	836	835,5	143	60	Acier	Etat moyen
30	N28	N29	835,5	835	106	60	Acier	Etat moyen
31	N29	N30	835	834	104	40	Acier	Etat moyen
32	N28	N31	835,5	835	152	60	Acier	Etat moyen
33	N31	N32	835	834,5	161	40	Acier	Etat moyen
34	N31	N33	835	834	171	40	Acier	Etat moyen
35	N5	N34	833	832	85	80	Acier	Etat moyen
36	N34	N35	832	831	71	80	Acier	Etat moyen
37	N35	N36	831	829	121	80	Acier	Mauvais état
38	N36	N37	829	828	65	80	Acier	Mauvais état
39	N37	N38	828	827	54	80	Acier	Mauvais état
40	N34	N39	832	831	92	60	Acier	Etat moyen
41	N39	N40	831	829	246	60	Acier	Etat moyen
42	N39	N41	831	830	67	40	Acier	Etat moyen
43	N35	N42	831	830	124	60	Acier	Mauvais état
44	N36	N43	829	828	43	60	Acier	Mauvais état

La corrosion est le principal phénomène qui altère l'état des conduites. La corrosion des conduites de distribution peut prendre pour origine la composition de l'eau et/ou la nature du sol. Nous pouvons lutter contre cette corrosion en surveillant la qualité de l'eau et en protégeant les conduites.

5. Problèmes rencontrés dans le réseau

Le service de l'entretien et de la gestion du réseau de l'alimentation de la commune de Beni Douala nous ont fait part des défaillances et problèmes liés au fonctionnement de celui-ci.

Plusieurs zones sont touchées par les problèmes que nous citons ci-dessous :

- L'eau qui provient du champ captant de Takhoukht n'atteint pas les deux réservoirs de Djouad, et cela est dû aux piquages illicites de part et d'autre de la conduite d'adduction ;
- Des fuites d'eau importantes au niveau du point de piquage A qui alimente les deux réservoirs d'Ait Bouyahia et de Beni Douala centre ;
- L'utilisation des by-pass au niveau de certains réservoirs comme Ait Douala centre, Taddart Oufella et Ait Bouyahia engendrent des pressions importantes qui détruisent les flotteurs, par conséquent des débordements sont enregistrés au niveau de certains réservoirs ;
- L'alimentation non continue cause des problèmes de consommation ;
- L'extension anarchique des réseaux de distribution des villages rend leur diagnostic quasi-impossible ;
- La réduction de la section des conduites due au dépôt du calcaire ;
- La corrosion des conduites constatée lors des interventions.

Conclusion

Les investigations effectuées sur le terrain ont permis de mettre en évidence les défaillances qui touchent l'ensemble des ouvrages et qui ont une répercussion sur les capacités du réseau à satisfaire les abonnés, spécialement en période de pointe.

Par ailleurs, dans le souci de pérenniser l'alimentation future en eau de la région, le remplacement de certaines conduites et la réinstallation des vannes à flotteurs au niveau des réservoirs seraient à envisager.

Chapitre IV

La modélisation hydraulique du réseau

Chapitre IV

La modélisation hydraulique du réseau d'A.E.P de Beni Douala

Dans ce chapitre, nous définirons la modélisation et nous présenterons les logiciels les plus utilisés dans la construction des modèles numériques. Ensuite, nous exposerons toutes les démarches suivies dans la schématisation et la simulation numériques de notre réseau via le logiciel Epanet.

1. Principales phases de la modélisation

Le terme "modèle" est un terme générique. On le définit comme étant une conceptualisation de la réalité, une certaine image de la réalité que nous nous créons. Une image incomplète et partielle, comprenant des caractéristiques, des attributs de la réalité qui nous intéressent en particulier ou que nous avons la possibilité de connaître.

On distingue deux (02) régimes de modélisation :

- Modélisation en régime statique : c'est la représentation d'une situation stationnaire pour des conditions définies, déterminées et constantes dans le temps ;
- Modélisation en régime dynamique : c'est la représentation dans l'espace et dans le temps du fonctionnement de l'ensemble des éléments du réseau.

La construction d'un modèle hydraulique pour les réseaux d'eau potable se réalise selon les phases présentées ci-dessous [*Khelil*, 2008] :

- Choix du réseau à modéliser : étape préalable permettant de décider du niveau de détail du modèle, en fonction des objectifs visés par la modélisation ;
- Construction de la base de données : collecte, synthèse des données sur les conduites, les ouvrages, la topographie, les volumes produits et distribués ;
- Campagne de mesures en vue de calage pour ajuster les paramètres du modèle (rugosité des conduites, pertes de charges singulières, profils de demande, ...).

2. Différents logiciels de modélisation

Il existe de nombreux logiciels permettant la modélisation d'un réseau d'alimentation en eau potable, mais nous nous contentons de citer les plus utilisés qui sont au nombre de quatre (04) :

- ✓ Porteau ;
- ✓ Piccolo ;
- ✓ Loop ;

- ✓ Epanet.

2.1 Logiciel Porteau

2.1.1 Présentation générale

Porteau est un outil de modélisation du comportement d'un réseau maillé de distribution ou de transport d'eau sous pression. Il constitue une aide à la décision pour le dimensionnement et la gestion d'un réseau de distribution ou d'adduction d'eau potable.

2.1.2 Interface graphique

L'interface graphique du logiciel est simple d'utilisation, elle permet de schématiser le réseau étudié par l'emploi de tronçons pour les conduites et de nœuds pour les intersections. Ces éléments sont documentés de sorte que toutes les infrastructures présentes sur le réseau et toutes les conditions d'utilisation puissent être représentées afin de rendre compte le plus fidèlement possible de la réalité.

2.1.3 Principales caractéristiques

- La visualisation de réseaux de distribution d'eau potable sur fond cartographique ;
- La visualisation de schémas de réseaux de distribution d'eau potable ;
- L'impression au traceur jusqu'au format A0 ;
- La visualisation et impression des résultats sous forme de tableau ou sur le schéma du réseau ;
- La visualisation et impression des résultats sous forme de profils hydrauliques ;
- L'exportation des données et des résultats vers un tableur ;
- L'exportation des graphiques de résultats en format vectoriel.

2.1.4 Trois modules de Porteau

2.1.4.1 Module Opointe

Il permet de simuler le fonctionnement d'un réseau maillé de distribution d'eau potable en régime de pointe et de visualiser son schéma.

Les données utilisées sont les données physiques concernant les nœuds et tronçons (cotes au sol, cotes de l'eau, diamètres, longueurs), les données hydrauliques (rugosités, consommations domestiques ou industrielles), les données de répartition des abonnés. Il nécessite de connaître les probabilités d'ouverture et de satisfaction des abonnés sur le réseau.

Un modèle probabiliste permet de traiter ces données et d'estimer les débits de pointe, ainsi que les pressions en chaque nœud.

Les résultats sont affichables soit sous forme de tableaux, soit à partir du schéma ou vue cartographique du réseau.

2.1.4.2 Module Zomayet

Il permet d'étudier, par une simulation sur plusieurs heures (de 24 heures à 15 jours), le fonctionnement hydraulique d'un réseau maillé de distribution ou de transport d'eau sous pression et de visualiser son schéma.

Le réseau peut comporter des réservoirs (avec plusieurs modes possibles de remplissage/vidange), des pompes, des limiteurs de débits, des stabilisateurs de pression, des vannes motorisées, des réducteurs de pression et des consommations régies par au plus 10 modèles de répartition sur la journée.

Les données nécessaires comprennent toute la topographie du réseau (longueur, diamètre et rugosité des conduites, cote de terrain naturel des nœuds à débit fixé, cote de l'eau, du radier et du trop-plein, surface au radier et au trop-plein pour les nœuds à charge fixée) ainsi que la répartition la plus exacte possible des consommateurs sur les nœuds ou desservis en route.

Un modèle déterministe permet de traiter les données. Les résultats du calcul donnent les variations de différentes valeurs concernant chaque nœud et tronçon au cours de la journée : cote de l'eau dans les réservoirs, volumes entrant et sortant, cote piézométrique des points de consommation, débits dans les tronçons, heures de fonctionnement des pompes et leur point de fonctionnement, fonctionnement des différents organes du réseau, etc.

Ces résultats sont affichables soit sous forme de tableau en chacun des pas de temps (1 min à 1 h) pour tout le réseau, soit sous forme de tableau sur toute la journée par tronçon et nœud, soit sous forme de courbes de variations des différentes valeurs au cours de la journée par tronçon et nœud à partir du schéma du réseau.

2.1.4.3 Module Qualité

Dernier né des codes de calcul sous Porteau, il permet de simuler en fonction du temps et de l'espace, les évolutions de concentration en soluté à travers le réseau.

Le chlore est le soluté le plus employé, il permet d'assurer la qualité bactériologique de l'eau du réseau. Si une trop faible concentration en chlore peut rendre l'eau impropre à la consommation, une trop grande quantité peut gêner les abonnés, il est donc impératif de gérer correctement les injections afin d'optimiser les concentrations.

Ce module prend en considération les attentes légitimes des abonnés qui exigent aujourd'hui du gestionnaire, outre l'absence de problèmes hydrauliques, que la qualité de l'eau soit irréprochable.

Le calcul Qualité permet donc de se rendre compte de la qualité de l'eau dans le réseau et d'optimiser les quantités injectées et/ou la position des points d'injection. Ce calcul se base sur les cinétiques de réaction et considère que les mélanges à chaque nœud sont parfaits. Les concentrations sont calculées à partir des données hydrauliques obtenues à l'aide du module Zomayet.

Trois types de résultats sont fournis : la concentration en un produit conservatif ou réactif, l'âge de l'eau et la provenance de l'eau. Les résultats sont affichables soit sous forme de tableau en chacun des pas de temps (5 min à 1h) pour tout le réseau, soit sous forme de tableau sur toute la journée par tronçon et nœud, soit sous forme de courbes de variations des différentes valeurs au cours de la journée par tronçon et nœud à partir du schéma du réseau.

2.2 Logiciel Piccolo

Piccolo est un outil logiciel particulièrement performant permettant de simuler le fonctionnement des réseaux maillés de fluides sous pression.

Il dispose d'opérateurs puissants pour faciliter la construction du modèle : import de données, allocation automatique des consommations, etc.

Il calcule, en fonction d'une description de la structure du réseau et de la répartition des consommations, les débits, vitesses et pressions en tout point. Ce calcul est réalisé en régime permanent (simulation instantanée pour des conditions de fonctionnement telles que le jour de pointe, l'heure de pointe) ou en régime dynamique (évolution du réseau sur 24 heures). Piccolo possède des modules complémentaires optionnels de simulation de la qualité de l'eau, de prévision des dépôts, de calcul des coûts de fonctionnement, et d'aide au dimensionnement.

2.2.1 Module de base

Piccolo est une application 32 bits fonctionnant sous Windows 95, 98 et NT, et offre une ergonomie inégalée pour un logiciel scientifique.

Le module de base comporte un éditeur de saisie intégré, des fonctions graphiques de saisie et de modification. Il permet le calcul hydraulique statique et dynamique : calcul des débits, vitesses et pressions en régime permanent et dynamique, la visualisation sous forme de texte, de graphique et de courbes des résultats.

Ses principales caractéristiques fonctionnelles sont les suivantes :

- Modélisation de tous les appareils hydrauliques couramment rencontrés sur les réseaux : pompe à vitesse fixe ou variable, vanne régulatrice de débit ou de pression, vanne tout-ou-rien, robinet-vanne, clapet, diaphragme, forage, fonction de perte de charge définie par l'utilisateur ;
- Jusqu'à 65 000 arcs et nœuds, 9 000 vannes, 500 pompes et réservoirs ;

- Modélisation complète des réservoirs : nœud de remplissage, cote de surverse, clapet anti-retour, section quelconque, débordement ou surpression ;
- De 50 à 200 types de consommateurs différents peuvent être définis sur un même nœud : usages domestiques, industriels, hôteliers, périurbains, fuites ;
- Ajustement automatique des consommations pour les nœuds à faible pression (défense incendie, simulation de casses, études de sécurité) ;
- Simulation de modèles comportant des portions de réseau isolées ;
- Identifiants de 12 caractères alphanumériques pour les nœuds, les conduites, les appareils, les types de consommateurs ;
- Données dynamiques pouvant être définies par pas de temps (par exemple horaire) ou de manière asynchrone sous forme de courbe date/valeur. Le nombre maximum de pas de temps est de 500 à 750 suivant les versions ;
- Asservissement des pompes et vannes à un niveau de réservoir ou à la pression en un nœud, amont ou aval, avec une consigne variable dans le temps.

2.2.2 Modules optionnels

Ce sont des modules complémentaires, qui complètent la version de base pour des utilisations approfondies.

2.2.2.1 Module qualité dynamique

- calcul des temps de séjour ;
- détermination de l'origine de l'eau et des zones d'influence des ressources et réservoirs, renouvellement de l'eau dans les réservoirs ;
- propagation d'espèces stables (polluant, nitrates, etc.) en régime permanent ou dynamique ;
- modélisation évoluée de la consommation en chlore par le réseau ;
- modèle de dépôt-érosion pour la prédiction des dépôts de sédiments et le rinçage du réseau.

2.2.2.2 Module de calcul des coûts d'exploitation

Evaluation des coûts de production et de distribution associés à la production, au traitement et au refoulement.

2.2.2.3 Module de dimensionnement

Ce module calcule automatiquement les diamètres d'extensions, pour des conditions de fonctionnement données, respectant des contraintes de pression minimum et de vitesse. Les diamètres sont choisis dans un bordereau de diamètres nominaux associé à chaque matériau, dans lequel figure également un coût / ml.

2.2.2.4 Calcul des coups de béliers

Pendulo, logiciel couplé à Piccolo, permet l'étude de phénomènes transitoires sur les réseaux maillés. Pendulo est interfacé avec Piccolo à 100% et offre une présentation graphique des résultats. Pendulo est une application de type DOS 32 bits qui fonctionne en environnement Windows.

2.2.3 Points forts de Piccolo

Piccolo combine un grand nombre de concepts originaux qui le rendent à la fois simple et fiable, rapide et efficace pour la modélisation des petits et des grands systèmes.

2.2.3.1 Modélisation

- Des alarmes signalent les conditions de fonctionnement anormales, ou indiquent les changements d'état des appareils ;
- La modélisation des réservoirs offre un grand nombre d'alternatives : par exemple, lorsqu'un réservoir atteint la cote de trop-plein, le projecteur a la possibilité de le laisser déborder, ou de faire agir un robinet à flotteur ;
- La modélisation des consommations : de 50 à 200 types de consommateurs peuvent être définis et présents en un même nœud. Un coefficient de pointe peut être affecté à chaque type de consommateur et à chaque zone ;
- Nœuds isolés : Piccolo signale qu'un ou plusieurs nœuds sont isolés, mais permet cependant de poursuivre le calcul sur le restant du modèle ;
- Le moteur de calcul est très performant et très robuste. Il est basé sur la méthode de résolution la plus efficace, la Méthode Hybride, et a été utilisé avec succès sur plus de 800 modèles, dont certains très complexes.

2.2.3.2 Fonctions avancées

- Des opérateurs d'affectation des consommations permettent d'allouer automatiquement les consommations aux nœuds sur la base de relevés de consommation par rues ou par secteurs ;
- Simplification du modèle : un opérateur de fusion permet de supprimer des nœuds intermédiaires ou en antenne, soit par pointé avec la souris, soit globalement avec le langage de commande. Les consommations des nœuds éliminés sont reportées sur les nœuds adjacents. Un opérateur d'insertion permet à l'inverse de créer un nœud ou un appareil intermédiaire ;
- Langage de commande : entièrement documenté, il permet un paramétrage complet de l'environnement de travail, et l'écriture de procédures (macros). Ce langage sous-jacent au mode menu, y compris dans la version Windows, permet d'accéder à toutes les fonctions du logiciel ;

- Les deux fonctions précédentes permettent par exemple de construire un modèle cohérent de 500 nœuds, à partir d'un modèle détaillé de 5 000 nœuds.

2.3 Logiciel Loop

Le logiciel Loop est un programme qui sert à corriger les débits aux nœuds et les débits des tronçons, ces débits ont été obtenus par la répartition arbitraire tout en utilisant le débit d'entrée, soit du réservoir soit du forage, comme ce programme est déduit de la méthode de Hardy Cross, Il nous donne aussi la vitesse de l'eau pour chaque tronçon. En plus, ce programme nous permet de savoir la pression dans les tronçons et les nœuds avec les pertes de charges. Loop a une limite pour la simulation, d'où il peut traiter au maximum un réseau de 500 tronçons, et de 400 nœuds, au delà de ça, les résultats se divergent.

Il est important de spécifier le cas d'application de ce logiciel, il est valable que pour les réseaux maillés.

Pour la modélisation de notre réseau, nous choisissons le logiciel Epanet pour sa disponibilité et ses performances approuvées par un grand nombre d'utilisateurs.

3. Présentation du logiciel Epanet

3.1 Historique

Le logiciel Epanet est né suite à une initiative du Congrès des Etats–Unis qui visait à protéger les ressources naturelles du pays. Dès lors, l'EPA (US Environmental Protection Agency) a été chargée de développer des techniques permettant de mieux appréhender les écoulements et les transformations de l'eau dans un réseau d'adduction d'eau potable.

Depuis 1993, le logiciel est disponible gratuitement pour tous les bureaux d'études et les sociétés d'affermage qui souhaitent l'utiliser.

Afin d'augmenter la convivialité du logiciel pour les sociétés francophones, la Compagnie Générale des Eaux a financé la version française. Enfin, le logiciel a connu des améliorations depuis sa création. La dernière version date de l'année 2001.

3.2 Potentialités du logiciel

Epanet est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. 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. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

Epanet a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. En voici quelques exemples: définition d'un programme de prélèvement d'échantillons, calage d'un modèle hydraulique, simulation du chlore résiduel et l'estimation de l'exposition de la population à une substance.

Epanet offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme par exemple:

- Utilisation en alternance des différentes ressources du système ;
- Modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs ;
- Préciser l'usage des stations de chloration (ou autres traitements) en réseau ;
- Planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

3.3 Principes hydrauliques régissant les calculs du logiciel

3.3.1 Lois de base du calcul

La loi des nœuds et la loi des mailles constituent la base du calcul hydraulique. La loi des nœuds affirme que le débit entrant dans un nœud est quoiqu'il arrive égal au débit sortant de ce nœud et ce quelque soit le nombre d'entrées et de sorties dans ce nœud. La loi des mailles dit, quant à elle, que la différence de charges DH (égale à la somme de la pression et de la cote au sol au point considéré) entre deux nœuds est égale à la perte de charge entre ces nœuds (voir figure IV-1).

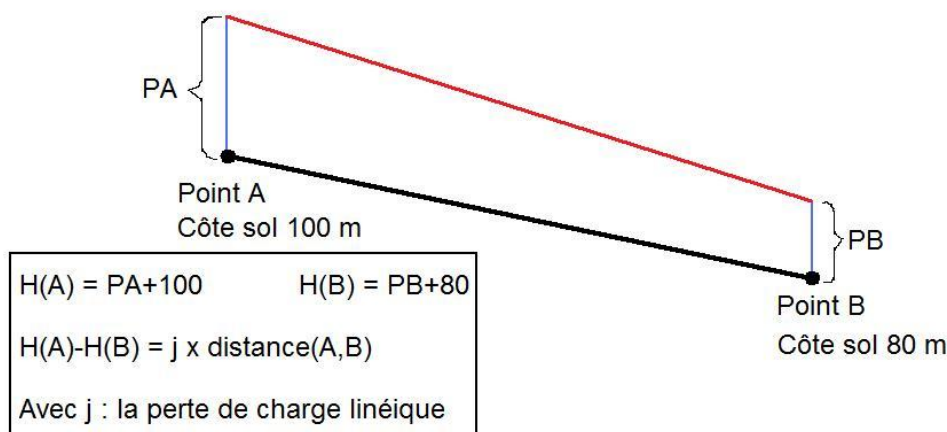


Figure IV-1: Schéma illustratif de la loi des mailles dans un réseau d'eau potable

Cependant, pour pouvoir obtenir les charges et débits pour chaque nœud et chaque tronçon, il est nécessaire que certains débits et certaines charges soient

préalablement connus. Il s'agit des nœuds à charge fixée (réservoirs, bâches) qui imposent la charge de départ et ainsi permettent le calcul de la charge à chaque nœud de proche en proche. Il s'agit aussi des nœuds à débit fixé (définition des demandes à chaque nœud) qui permettent de connaître les débits dans les tronçons satisfaisants cette demande. Enfin, l'écoulement se fait du nœud ayant la charge la plus élevée vers le nœud ayant une charge moins importante.

Le calcul des débits et des charges est lié et ne peut se faire indépendamment. Dès lors, il est nécessaire de connaître l'une ou l'autre des données à chaque nœud pour permettre l'aboutissement du calcul.

3.3.2 Calcul des pertes de charges

3.3.2.1 Calcul des pertes de charge linéaires

Le calcul des pertes de charges linéaires sur le logiciel peut se faire par le biais de trois (03) formules différentes (Hazen-Williams, Darcy-Weisbach et Chezy-Manning). La formule de Hazen-Williams est fortement utilisée aux Etats-Unis et présente la particularité de n'être utilisable que pour l'eau et de n'avoir été développée à la base que pour les écoulements turbulents. La formule de Chezy-Manning est plus souvent utilisée pour les canaux à découvert et pour les grands diamètres.

Nous avons choisi d'utiliser la formule de Darcy Weisbach qui traite les écoulements de tout type et pour tout liquide.

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

$$h = A * q^B$$

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

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

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

Avec, L longueurs en m du tronçon, d diamètre du tuyau en m, q débit en m³/s et ϵ coefficient de rugosité de la conduite en m.

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

Si la rugosité dépasse une certaine valeur (plus de 2 mm) dans une zone de la conduite, on considère celle-ci comme une singularité.

3.3.2.2 Calcul des pertes de charges singulières

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

La formule utilisée est la suivante :

$$H = \xi * V^2 / 2g$$

Avec, V vitesse de l'écoulement en m/s, ξ coefficient de perte de charges singulières et g l'accélération de la pesanteur en m.s⁻².

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

3.4 Capacités pour la Modélisation Hydraulique

Epanet contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques suivantes:

- La taille du réseau étudié est illimitée ;
- Pour calculer les pertes de charge dues à la friction, il dispose des formules de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, et Chezy-Manning ;
- Il inclut les pertes de charge singulières aux coudes, aux tés, etc ;
- Il peut modéliser des pompes à vitesse fixe ou variable ;
- Il peut calculer l'énergie consommée par une pompe et son coût ;
- Il peut modéliser différents types de vannes, comme des clapets anti- retour, des vannes de contrôle de pression ou débit, des vannes d'arrêt, etc ;
- Les réservoirs peuvent avoir des formes variées (le diamètre peut varier avec la hauteur) ;
- Il peut y avoir différentes catégories de demandes aux nœuds, chacune avec une caractéristique propre ;
- Il peut modéliser des consommations dépendantes de la pression (buses par exemple) ;
- Le fonctionnement de station de pompage peut être piloté par des commandes simples, (heures de marche/arrêt en fonction du niveau d'un réservoir) ou des commandes élaborées plus complexes.

3.5 Capacités pour la Modélisation de la Qualité de l'Eau

En plus des simulations hydrauliques, Epanet peut modéliser la qualité de l'eau, on dispose ainsi des capacités suivantes:

- Modélisation du déplacement d'un traceur pendant la durée de la simulation.
- Modélisation des déplacements et les variations de concentration en plus ou en moins que subit une substance (par exemple un produit secondaire de désinfection, ou du chlore résiduel).
- Modélisation du temps de séjour de l'eau dans le réseau.
- Indication à chaque nœud de la proportion d'eau provenant d'une ressource distincte.
- Modélisation des réactions d'évolution de la qualité de l'eau dans la masse et aux parois.
- Utilisation des cinétiques d'ordre n pour calculer les réactions dans la masse d'eau.
- Utilisation des cinétiques d'ordre un ou zéro pour calculer les réactions aux parois des tuyaux.
- Limitations de transfert de masse pour modéliser les réactions aux parois.
- Fixation d'une concentration limite des réactions.
- Utilisation des coefficients de vitesse de réaction globale et des coefficients spécifiques pour certains tuyaux.
- Etablissement d'une corrélation entre les coefficients de vitesse de réaction au niveau de la paroi en fonction de la rugosité du tuyau.
- Introduction d'une substance quelconque à différents emplacements du réseau variant dans le temps en débit massique ou en concentration.
- Mélange d'eau dans les réservoirs : mélange parfait, à flux piston ou en deux compartiments.

En utilisant ces capacités, Epanet peut modéliser des phénomènes en rapport avec la qualité de l'eau comme:

- Le mélange d'eau provenant de différentes sources;
- Le temps de séjour de l'eau dans le réseau;
- Diminution du chlore résiduel;
- L'accroissement des sous-produits de la désinfection;
- La diffusion d'un polluant dans le réseau, introduit en certains points.

4. Schématisation numérique du réseau

Le réseau a été construit à l'aide du logiciel Epanet à partir des plans et de la base de données pour les conduites situées dans la commune de Beni Douala.

Nous avons construit les schéma contenant les deux (02) zones d'adduction Nord et Sud et le réseau de distribution de chef lieu de la commune.

4.1 Zone Nord

Ce schéma comprend l'adduction vers l'un des réservoirs de Djouad, représentée par les trois pompes de la station d'Ait Anane, ainsi que l'adduction gravitaire des quatorze (14) réservoirs de la zone nord à partir du réservoir Djouad. Le schéma comporte vingt deux (22) nœuds et trente six (36) conduites de diamètres différents.

Le schéma du réseau est représenté par la figure IV-2 ci-dessous :

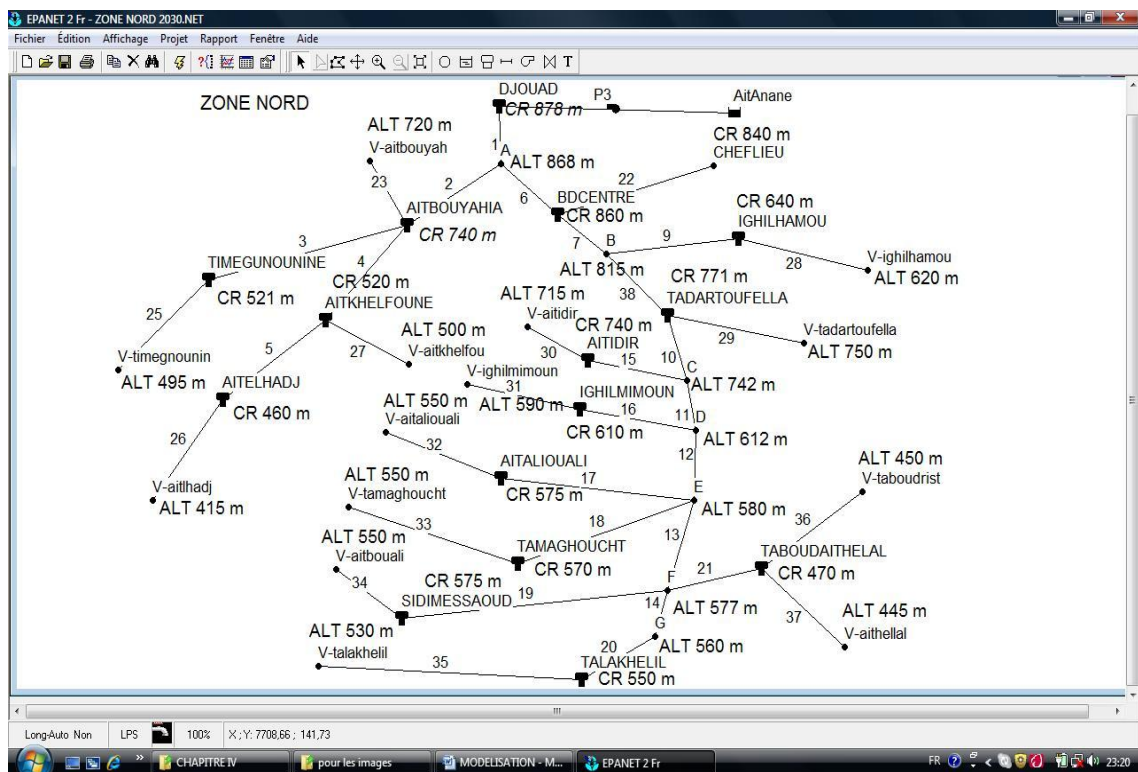


Figure IV-2 : Schéma du réseau d'adduction de la zone Nord

4.2 Zone Sud

Ce schéma comprend l'adduction vers l'autre réservoir de Djouad, représentée par les quatre (04) pompes de la station d'Agouni Arous, ainsi que l'adduction gravitaire des six (06) réservoirs de la zone Sud à partir du réservoir Djouad. Le schéma comporte quatre (04) nœuds et douze (12) conduites de diamètres différents.

La figure IV-3 représente le schéma du réseau d'adduction de la zone Sud.

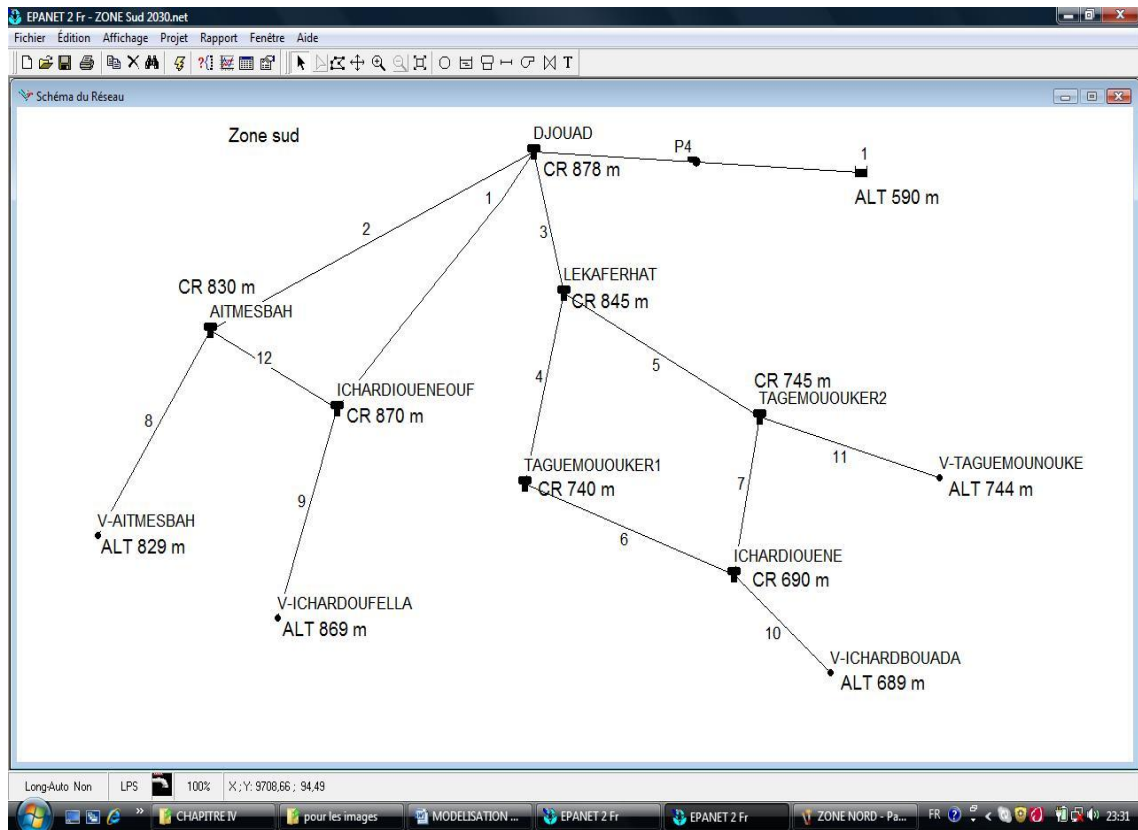


Figure IV-3 : Schéma du réseau d'adduction de la zone Sud

4.3 Réseau de distribution du chef lieu

Ce schéma comprend la distribution à partir du réservoir 200 m³ de Beni Douala centre vers les différents nœuds de consommation du chef lieu. Pour le séparer du réseau d'adduction Nord, nous avons représenté le débit entrant dans le réservoir par une bête de charge constante se trouvant à une altitude (868 m NGA) supérieure à celle du réservoir.

Le schéma dans son ensemble a donc les caractéristiques suivantes :

- Nombre de nœuds : 43;
- Nombre de tronçons : 44.

Le schéma est représenté par la figure IV-4 ci-dessous.

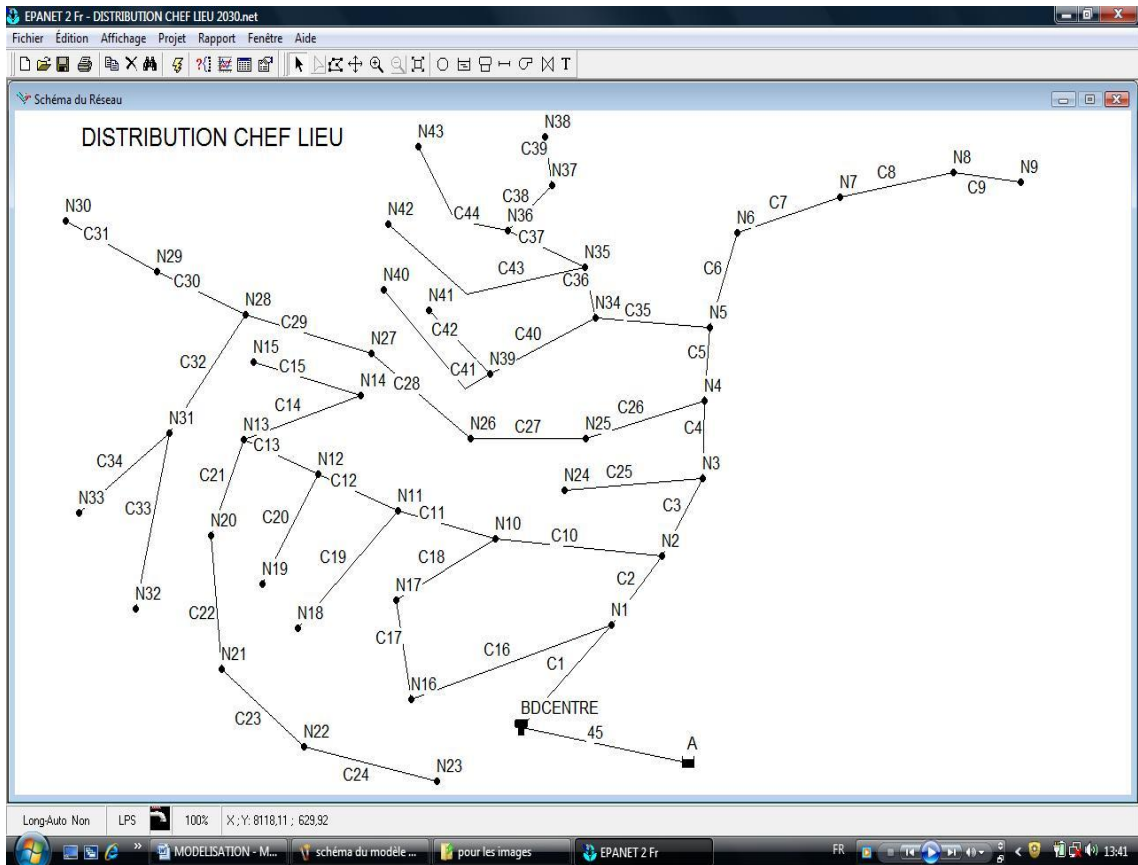


Figure IV-4 : Schéma du réseau de distribution du chef lieu

La non disponibilité d'appareils de mesure (débitmètre et enregistreur de pression) nous permet pas de procéder au calage après la simulation du comportement du réseau.

5. Variation journalière de la consommation

5.1 Catégories de consommation

Le logiciel Epanet, nous permet de simuler le comportement du réseau sur une journée entière et qui variera selon les variations de consommation de la population. Dès lors, il est nécessaire de différencier les consommateurs qui ont un comportement différent. Nous citons trois catégories de consommation :

- Consommation industrielle ;
- Consommation agricoles ;
- Consommation domestiques.

La consommation domestique est évaluée à partir des dotations individuelles, fonction de la typo morphologie de l'habitat. Ces dotations (Tableau IV-1) ont été proposées dans l'étude de la demande en eau d'une agglomération.

Tableau IV-1 : Dotation domestique fonction de la typo morphologie de l'habitat

Typo morphologie	Très haut standing	haut standing	moyen standing supérieur	moyen standing inférieur	Faible standing
Dotation(l/j/h)	200	160	100	90	60

5.2 Courbes de modulation

Les courbes de modulation sont les outils qui permettent au logiciel Epanet de calculer les variations journalières de pression et de débit sur l'ensemble du réseau. Associées à chaque catégorie de consommateurs, elles représentent l'évolution de la consommation de la catégorie considérée sur une journée. Elles se présentent sous la forme de courbes possédant une valeur différente à chaque pas de temps choisi (une heure en générale). Le produit de ces valeurs saisies ou coefficients avec la valeur moyenne de consommation au nœud considéré nous renseigne sur la consommation à cette heure pour ce nœud.

Dans le cas de la région de notre étude, nous prenons une seule catégorie de consommation, en l'occurrence, la consommation domestique.

La figure IV-5 représente la courbe affectée à la catégorie consommateurs domestique.

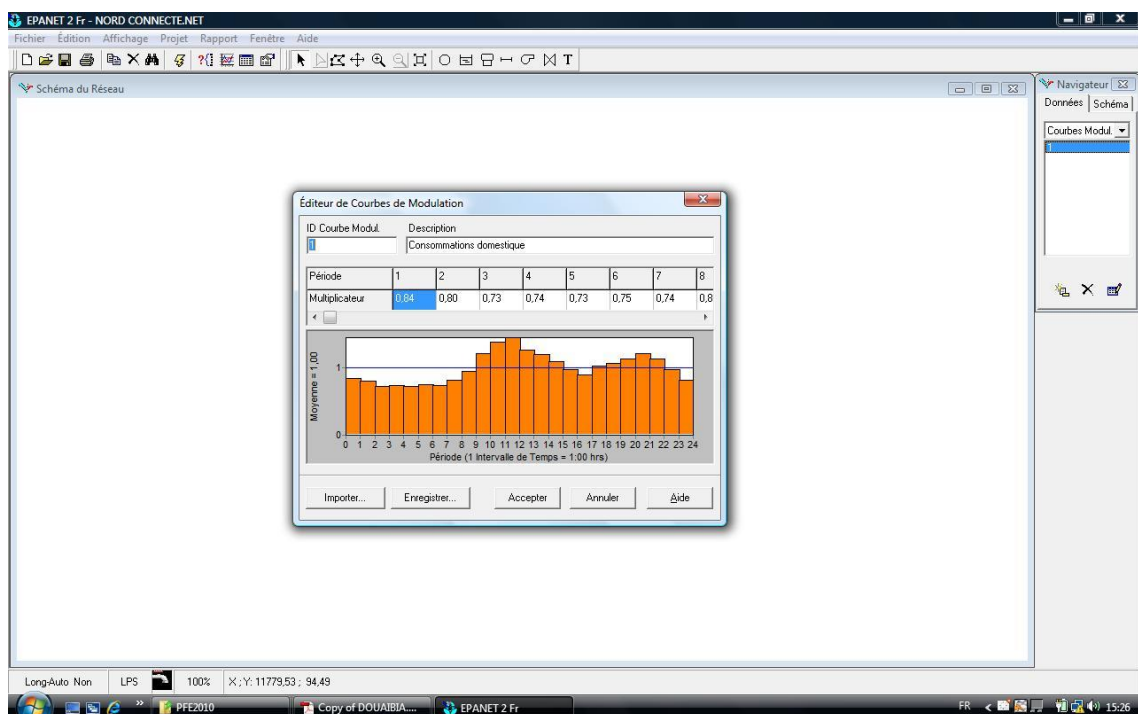


Figure IV-5 : Schéma du profil des consommateurs domestiques

Pour élaborer un profil de la variation de consommation fiable, il nous faut une campagne de mesures qui s'étale sur une durée minimum d'une semaine dans un réseau stable. Ce qui n'est pas le cas de notre réseau puisque l'alimentation n'est pas

24h/24. Nous adoptons les coefficients de variation de la consommation moyenne d'Alger (Tableau IV-2) car nous considérons que les habitudes des deux régions ne diffèrent pas beaucoup [*Guesmia*, 2008].

Tableau IV-2 : Coefficients de variation de la consommation moyenne

Heure	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
Ch	0,84	0,80	0,73	0,74	0,73	0,75	0,74	0,82	0,95	1,21	1,38	1,45
	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	1,27	1,20	1,09	0,97	0,89	1,03	1,07	1,14	1,21	1,14	0,98	0,82

6. Simulation des réseaux d'adduction

Pour cerner tout les problèmes de fonctionnement de notre réseau d'étude, nous simulons pour l'horizon futur (2030).

Par la simulation, nous essaierons de mettre en évidence toutes les anomalies concernant les vitesses dans les conduites, les pression au niveau des nœud et la variation du niveau de l'eau dans les réservoir.

6.1 Zone Nord

Vu l'âge des conduites, nous optons pour une valeur moyenne de la rugosité de 01 mm qui est plus représentative de la réalité.

Les pressions et les vitesses obtenues par la simulation sont représentées par la figure IV-6 ci-dessous :

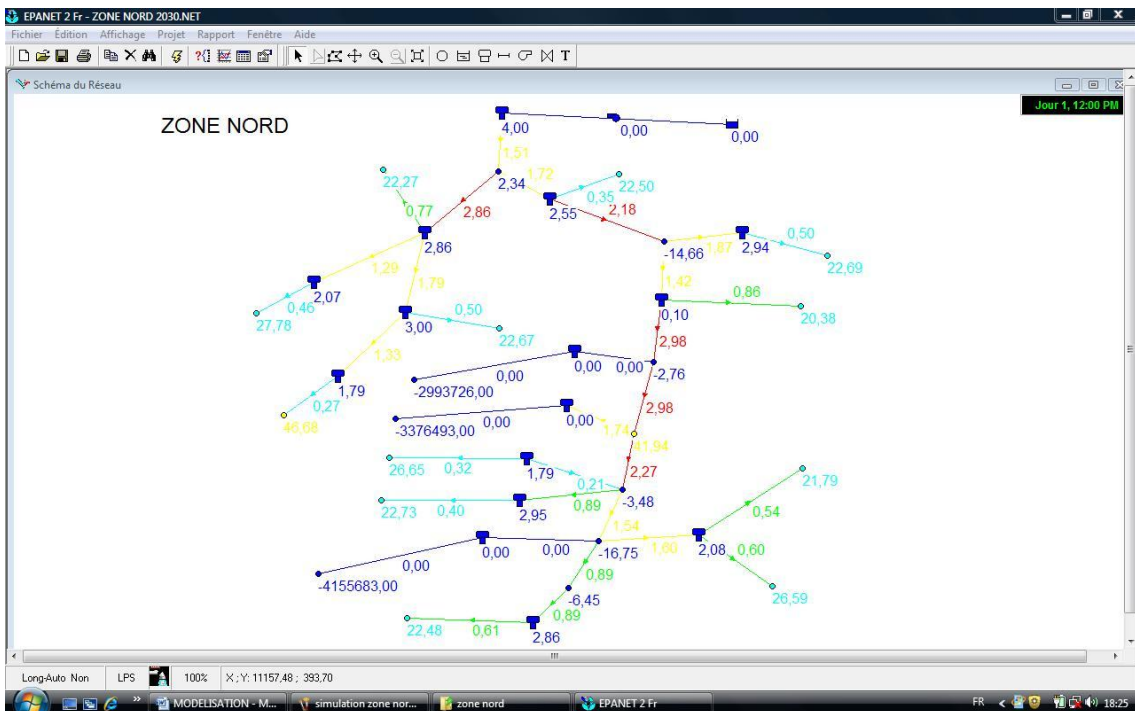


Figure IV-6 : Schéma représentant les pressions et les vitesses résultant de la simulation

Après avoir effectué une simulation sur une durée de 24 heures, nous avons rencontré divers problèmes au niveau des différents organes de notre réseau que nous citons ci-dessous :

- des vitesses importantes au niveau des conduites suivantes :
 - ✓ C2 : alimentant le réservoir d'Ait Bouyahia ;
 - ✓ C7 : sortant du réservoir de Beni Douala Centre ;
 - ✓ C10 : sortant du réservoir Taddart Oufella ;
 - ✓ C11 : reliant les points de piquage C et D ;
 - ✓ C12 : reliant les points de piquage D et E .

La figure IV-7 ci-dessous illustre l'ensemble des conduites (en rouge) qui ont des vitesses dépassant les 2 m/s.

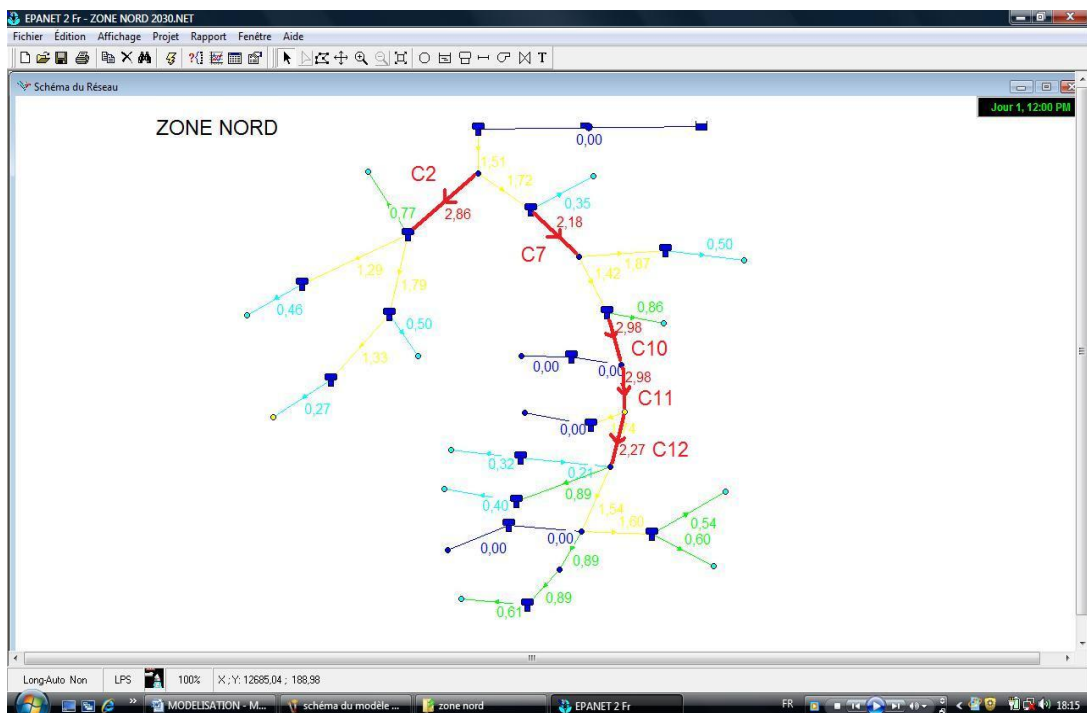


Figure IV-7 : Schéma représentant les conduites ayant des vitesses importantes ($>2\text{m/s}$)

Dans les écoulements gravitaires, les vitesses sont proportionnelles à la différence d'altitudes (Δh) et aux diamètres des conduites. Par contre, elles sont inversement proportionnelles aux longueurs des conduites. Les vitesses importantes au niveau des conduites C2, C7, C10, C11 et C12 sont dues au fait que ces conduites relient des nœuds dont les différences d'altitude sont importantes comparés à leurs longueurs.

- Des pressions négatives ou insuffisantes au niveau des nœuds suivants :
 - ✓ Pression négative au niveau du nœud village Igil Mimoune ;
 - ✓ Pression négative au niveau du nœud village Ait Idir ;

- ✓ Pression négative au niveau du nœud village Ait Ali Ouali ;
- ✓ Pression négative au niveau du nœud village Ait Bouali.

La figure IV-8 ci-dessous illustre la variation de la pression au niveau des quatre (04) nœuds cités précédemment.

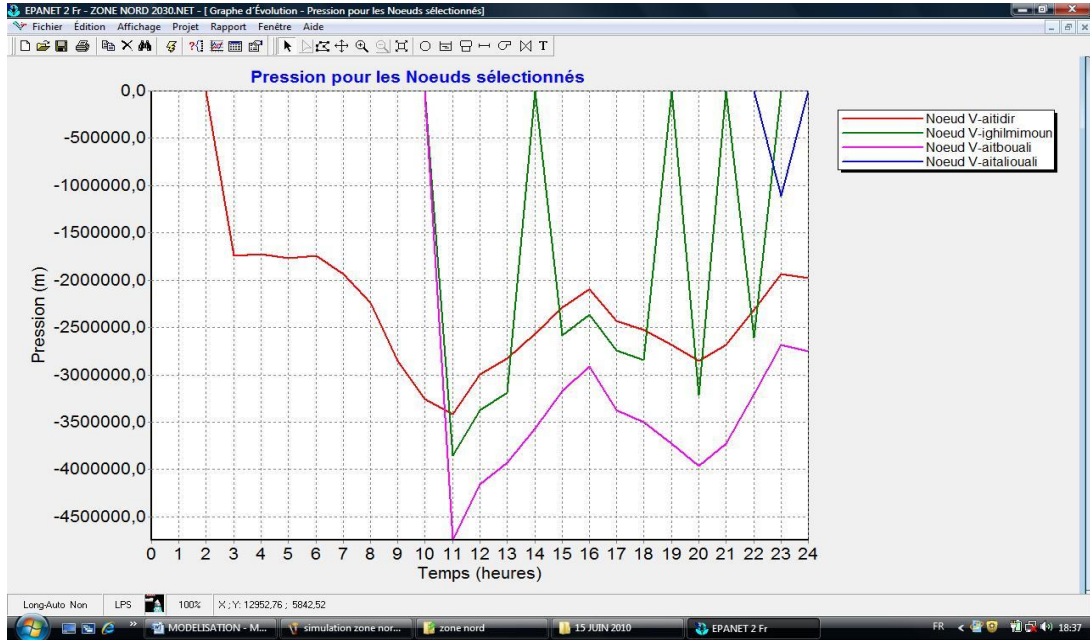


Figure IV-8 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des nœuds des villages Ait Iddir, Ighil Mimoune, Ait Ali Ouali et Ait Bouali. Les pressions insuffisantes ou négatives au niveau des nœuds de demandes peuvent s’expliquer par les charges faibles au niveau des réservoirs qui les alimentent. Une pression négative veut dire que l’eau n’atteint pas le nœud.

- Débordement des réservoirs Djouad comme le montre la figure IV-9 suivante :

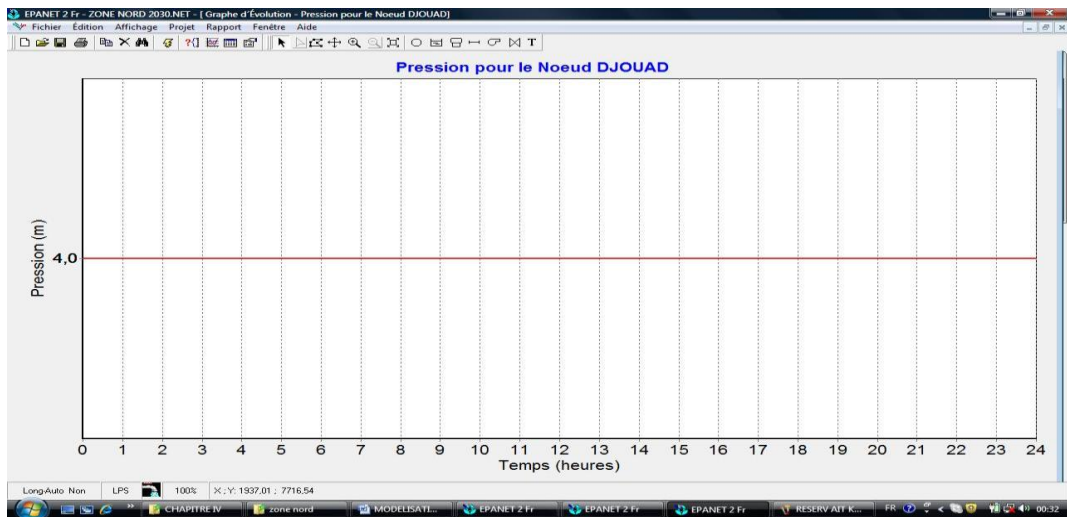


Figure IV-9 : Schéma représentant la variation de la pression au niveau du réservoir Djouad.

Le débordement de ce réservoir est dû à l'importance du débit entrant par rapport à celui qui y sort. Pour faire face à ce problème, nous devons déterminer le nombre d'heures de pompages en fonction de la consommation moyenne journalière.

- Débordement des réservoirs Ait Bouyahia, Ait Khelfoune et Beni Douala centre comme le montre la figures IV-10 suivante :

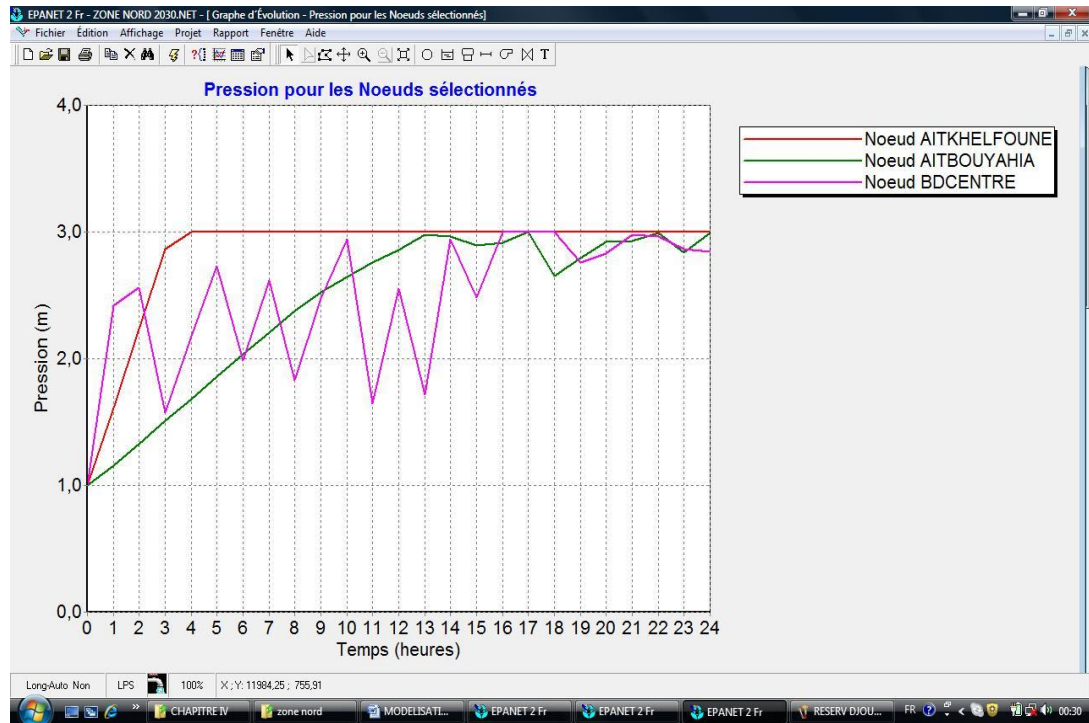


Figure IV-10 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ait Bouyahia, Ait Khelfoune et Beni Douala centre.

Le débordement de ces réservoirs est dû au fait que les débits entrant sont plus importants que les débits sortant de ces réservoirs (surdimensionnement des conduites alimentant les réservoirs). Plus cette différence est importante, moins est la durée qui sépare le début de l'alimentation du début du débordement (débit entrant > débit sortant \Rightarrow pression constante qui est égale au niveau max de l'eau dans le réservoir \Rightarrow débordement de l'excès).

- Débordement des réservoirs Ighil Hamou, Tala Khellil et Tamaghoucht comme le montre la figure IV-11 ci-dessous :

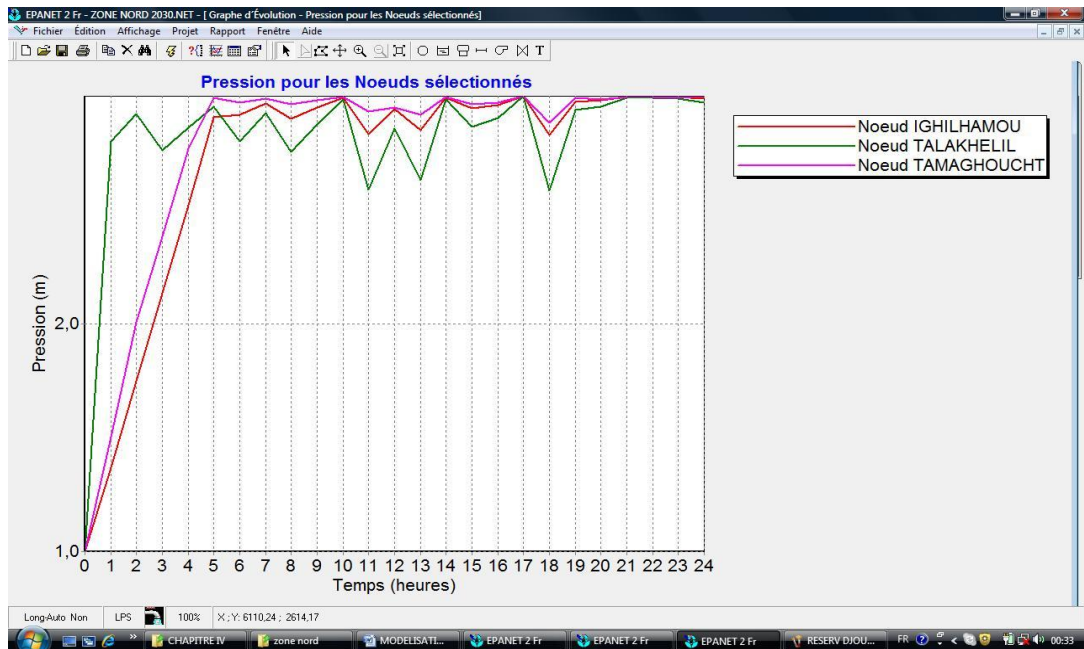


Figure IV-11 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ighil Hamou, Tala Khellil et Tamaghoucht.

Le débordement de ces réservoirs de distribution est causé par l'importance des débits qui les alimentent par rapport aux débits de consommation demandés.

- Vidage des réservoirs Taddart Oufella, Ait Iddir, Ait Ali Ouali, Ighil Mimoun et Sidi Messaoud comme le montre la figure IV-12 suivante :

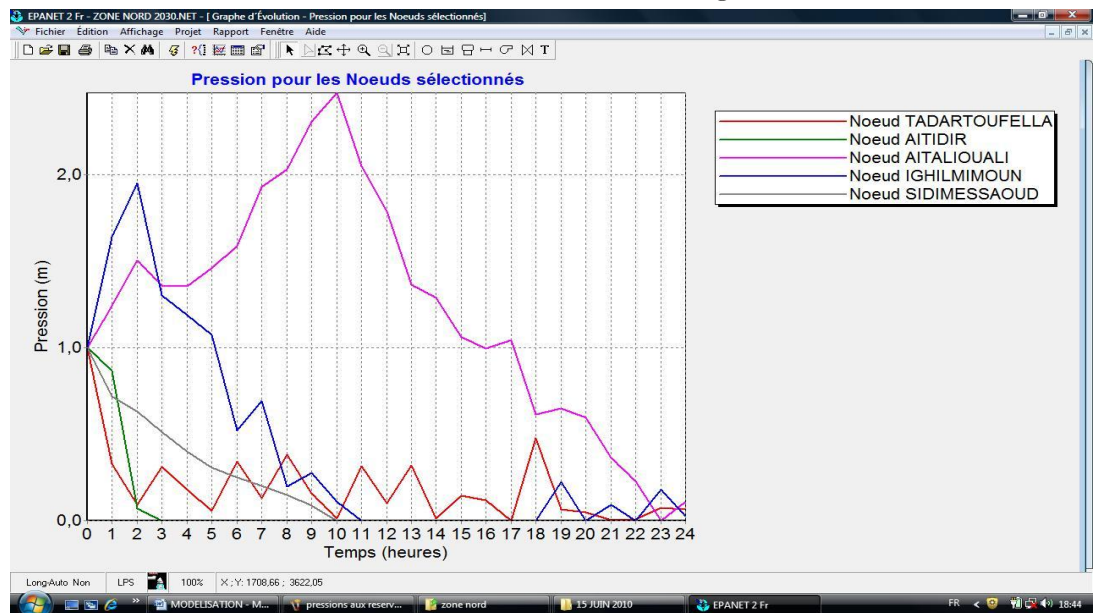


Figure IV-12 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Taddart Oufella, Ait Iddir, Ait Ali Ouali, Ighil Mimoun et Sidi Messaoud.

Quand le débit de consommation (qui sort du réservoir) dépasse le débit qui y entre, le réservoir se vide pendant une courte durée, par conséquent, la demande n'est pas satisfaite.

Solutions et recommandations

Après avoir analysé les résultats de la simulation, nous proposons les solutions suivantes :

- L'asservissement des trois pompes alimentant le réservoir Djouad, quand celui-ci est plein, on arrête le pompage et on le redémarre quand le niveau de l'eau atteint 01 m pour éviter et le débordement et la vidange du réservoir ;
- Le placement des vannes à flotteurs au niveau de chaque réservoir pour faire face au débordement;
- Le remplacement de la conduite de diamètre 100 mm qui relie le point de piquage A au réservoir d'Ait Bouyahia par deux conduites de diamètres 60mm pour réduire les vitesses.

Après avoir constaté les pressions insuffisantes et/ou négatives au niveau de certains nœuds de demande, nous avons opté pour le renforcement du réseau par une conduites de diamètre 150 mm sur une distance de 3000 m qui relie le point de piquage A au point de piquage C. Cette solution nous a éliminé le problème de pression. Cependant, elle nous impose de projeter un réservoir afin d'augmenter la capacité de stockage de l'ensemble des réservoirs. Le volume du réservoir à projeter est déterminé à partir de la différence entre le cumule du volume d'apport et le cumule du volume consommé par l'ensemble des villages se trouvant à l'aval du point de piquage C. Les calculs que nous avons effectué se résument dans le tableau suivant :

Tableau IV-3 : La variation ΔV en fonction du temps

Heure	Coefficient	Apport (m ³ /h)	Demande Moy (m ³ /h)	Consommation Horaire (m ³ /h)	Apport Cumulé (m ³)	Consommation Cumulé (m ³)	ΔV
00_01	0,84	151,2	72,288	60,72192	151,2	60,72	90,48
01_02	0,8	151,2	72,288	57,8304	302,4	118,55	183,85
02_03	0,73	151,2	72,288	52,77024	453,6	171,32	282,28
03_04	0,74	151,2	72,288	53,49312	604,8	224,82	379,98
04_05	0,73	151,2	72,288	52,77024	756	277,59	478,41
05_06	0,75	151,2	72,288	54,216	907,2	331,8	575,4
06_07	0,74	151,2	72,288	53,49312	1058,4	385,3	673,1
07_08	0,82	151,2	72,288	59,27616	1209,6	444,57	765,03
08_09	0,95	151,2	72,288	68,6736	1360,8	513,24	847,56
09_10	1,21	151,2	72,288	87,46848	1512	600,71	911,29
10_11	1,38	151,2	72,288	99,75744	1663,2	700,47	962,73
11_12	1,45	151,2	72,288	104,8176	1814,4	805,29	1009,11
12_13	1,27	151,2	72,288	91,80576	1965,6	897,09	1068,51
13_14	1,2	151,2	72,288	86,7456	2116,8	983,84	1132,96
14_15	1,09	151,2	72,288	78,79392	2268	1062,63	1205,37

15_16	0,97	151,2	72,288	70,11936	2419,2	1132,75	1286,45
16_17	0,89	151,2	72,288	64,33632	2570,4	1197,09	1373,31
17_18	1,03	151,2	72,288	74,45664	2721,6	1271,55	1450,05
18_19	1,07	151,2	72,288	77,34816	2872,8	1348,89	1523,91
19_20	1,14	151,2	72,288	82,40832	3024	1431,3	1592,7
20_21	1,21	151,2	72,288	87,46848	3175,2	1518,77	1656,43
21_22	1,14	151,2	72,288	82,40832	3326,4	1601,18	1725,22
22_23	0,98	151,2	72,288	70,84224	3477,6	1672,02	1805,58
23_24	0,82	151,2	72,288	59,27616	3628,8	1731,3	1897,5

Nous avons :

- $\Delta V_{\max} = 1897,5 \text{ m}^3$;
- La capacité de stockage des réservoirs existant est de 1475 m^3 .

Donc le volume du réservoir projeté est : $V = \Delta V_{\max} - 1475 \text{ m}^3 \iff V = 422,5 \text{ m}^3$.

D'après le résultat des calculs, nous proposons :

- La projection d'un réservoir de 500 m^3 à proximité du point de piquage C de 745 m d'altitude est nécessaire pour augmenter la capacité de stockage du réseau afin d'assurer que l'eau arrive aux villages se situant dans la partie la plus basse de la région ;
- On enlève toutes les conduites entrant ou sortant du point de piquage C ;
- Le réservoir projeté est relié par :
 - ✓ Une conduite de diamètre 100 mm et de longueur 500 m au réservoir d'Ait Iddir ;
 - ✓ Une conduite de diamètre 80 mm et de longueur 560 m au réservoir de Taddart Oufella ;
 - ✓ Deux conduites de même diamètre (80 mm) et même longueur (1000 m) au point de piquage D.

La figure IV-13 ci-dessous montre le schéma du réseau après avoir appliqué les changements recommandés.

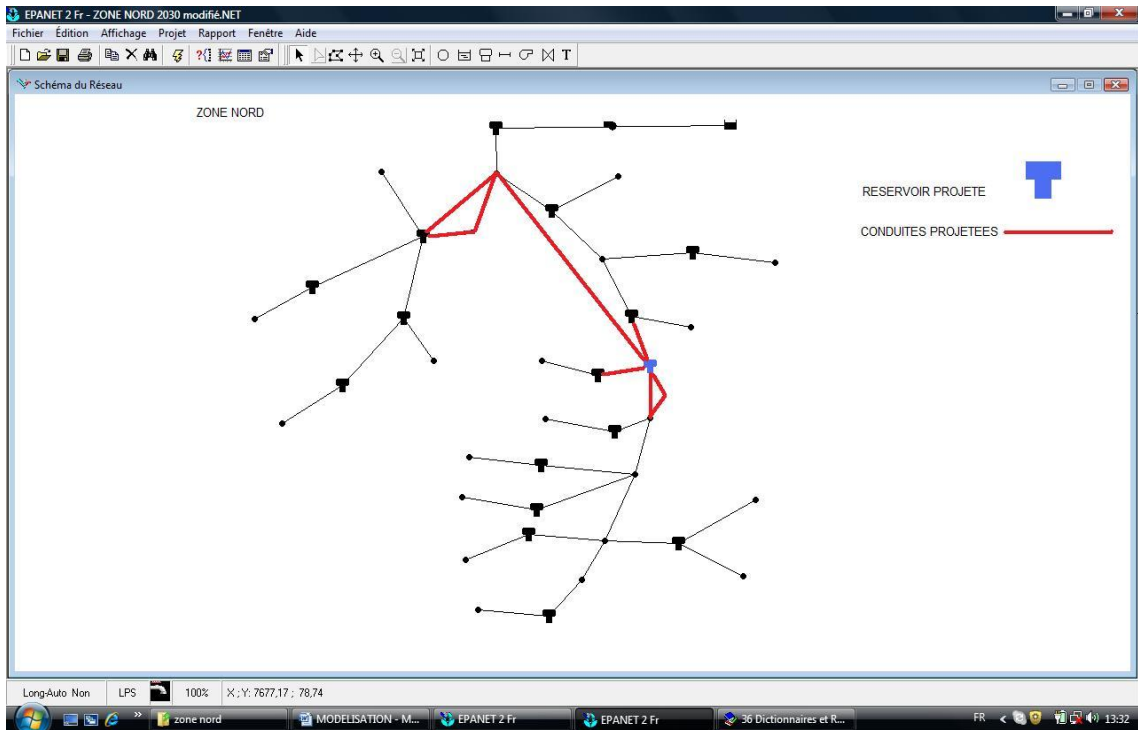


Figure IV-13 : Schéma illustrant les conduites et réservoir projetés

En affectant les changements proposés à la zone nord, nous avons pu éliminer tout les problèmes de pression, de débordement ou de vidage des réservoirs. Quant aux vitesses, elles peuvent légèrement dépasser les 2 m/s au niveau de certaines conduites. C'est une singularité à laquelle nous pouvons faire face en utilisant des conduites ayant des caractéristiques mécaniques adéquates.

6.2 Zone Sud

Comme pour la zone Nord, nous choisissons une valeur moyenne de la rugosité de 01 mm. Les pressions et les vitesses obtenues par la simulation sont représentées par la figure IV-14 ci-dessous :

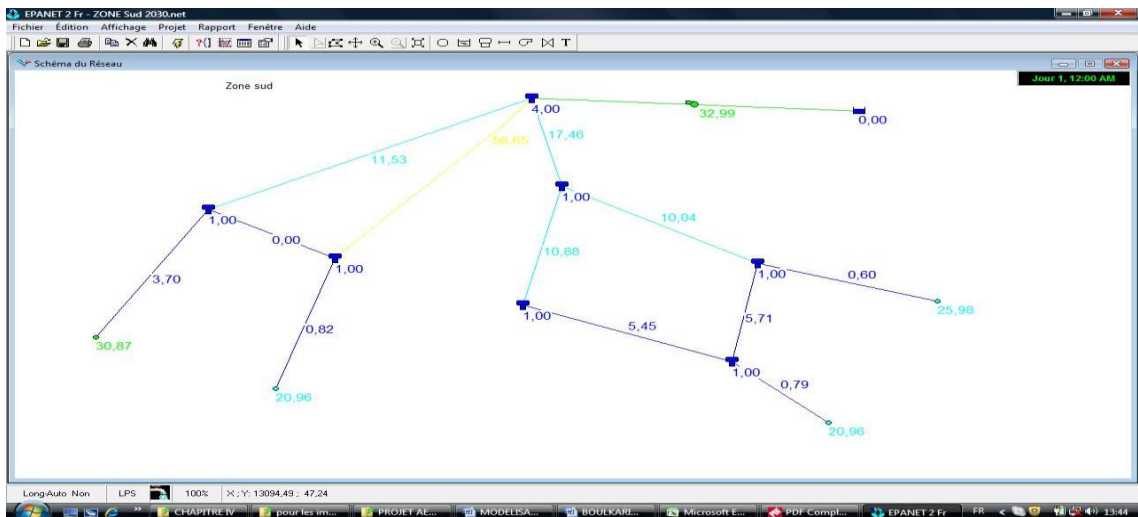


Figure IV-14 : Schéma représentant les pressions et les vitesses résultant de la simulation

Après avoir effectué une simulation sur une durée de 24 heures, nous n'avons rencontré que des problèmes de débordement et de vidage des réservoirs que nous citons ci-dessous :

- Débordement des réservoirs Djouad comme le montre la figure IV-15 ci-dessous :

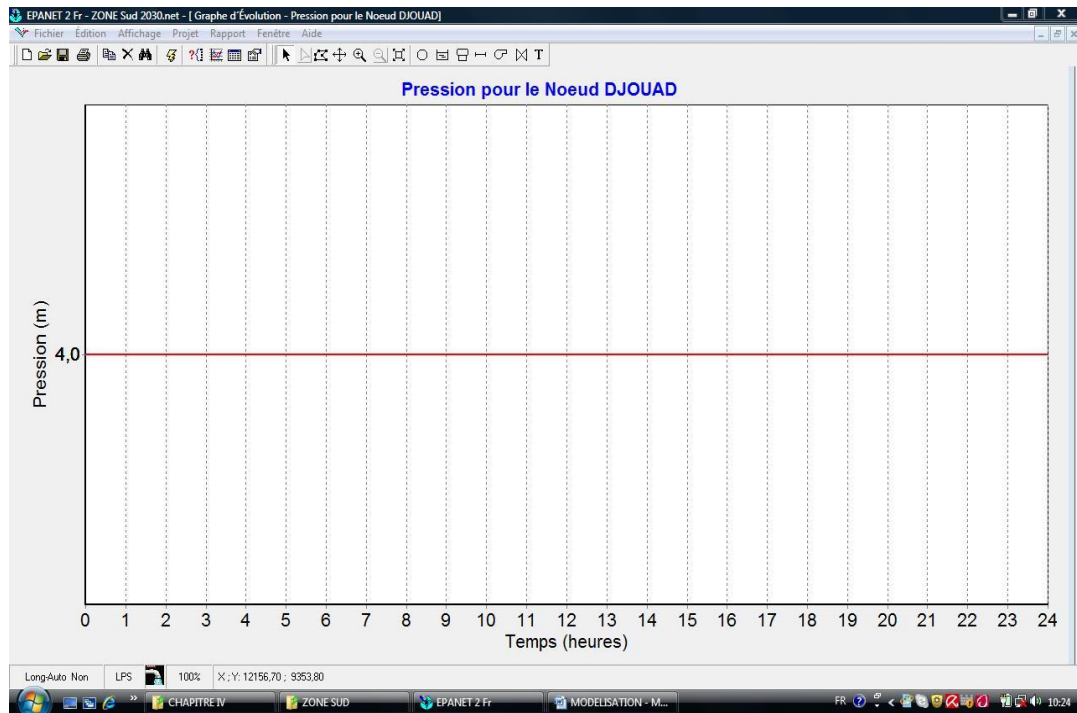


Figure IV-15 : Schéma représentant la variation de la pression au niveau du réservoir Djouad.

Avec le débit important qui alimente le réservoir par la station Agouni Arous, le réservoir Djouad déborde et engendre une perte de volume important d'eau. Afin d'éviter le débordement, nous devons asservir les pompes de la station en fonction de la variation du niveau de l'eau dans le réservoir de Djouad.

- Débordement des réservoirs Icherdiouene Oufella, Taguemont Oukerrouch 1 et Taguemont Oukerrouch 2 comme le montre la figure IV-16 ci-dessous :

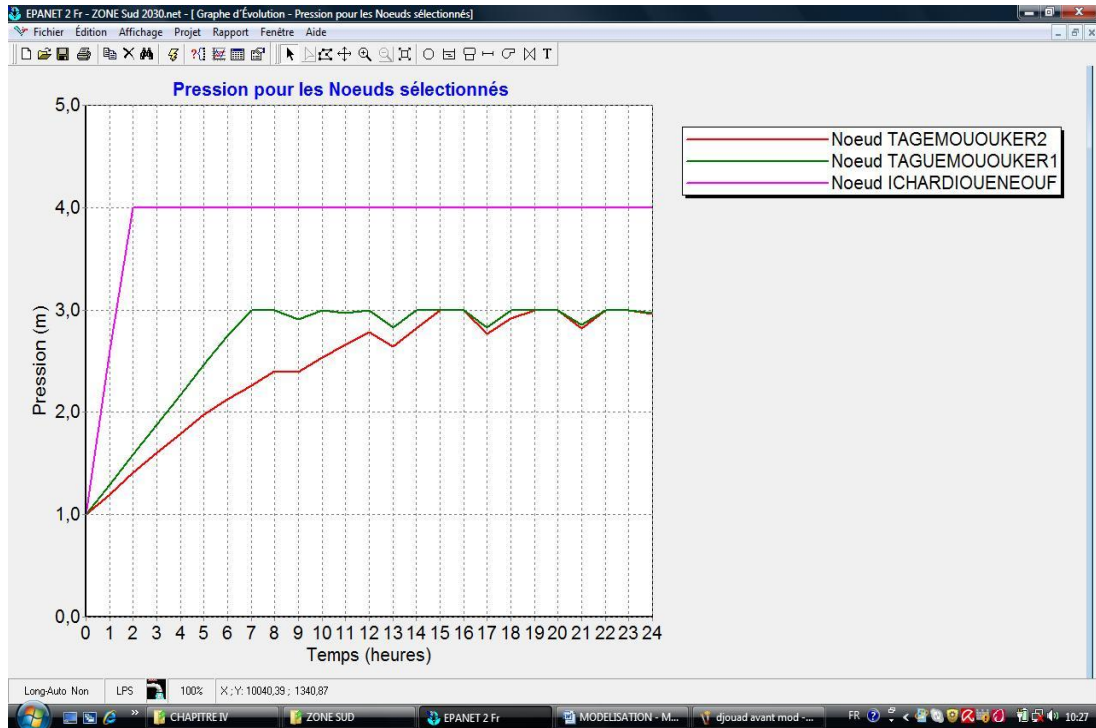


Figure IV-16 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Icherdiouene Oufella, Taguemount Oukerrouch 1 et Taguemount Oukerrouch 2.

Les débits entrant dans ces Trois (03) réservoirs sont importants comparés à ceux qui y sortent, ce qui cause leurs débordement.

- Débordement des réservoirs Ait Mesbah et Icherdiouene Bwadda comme le montre la figure IV-17 ci-dessous :

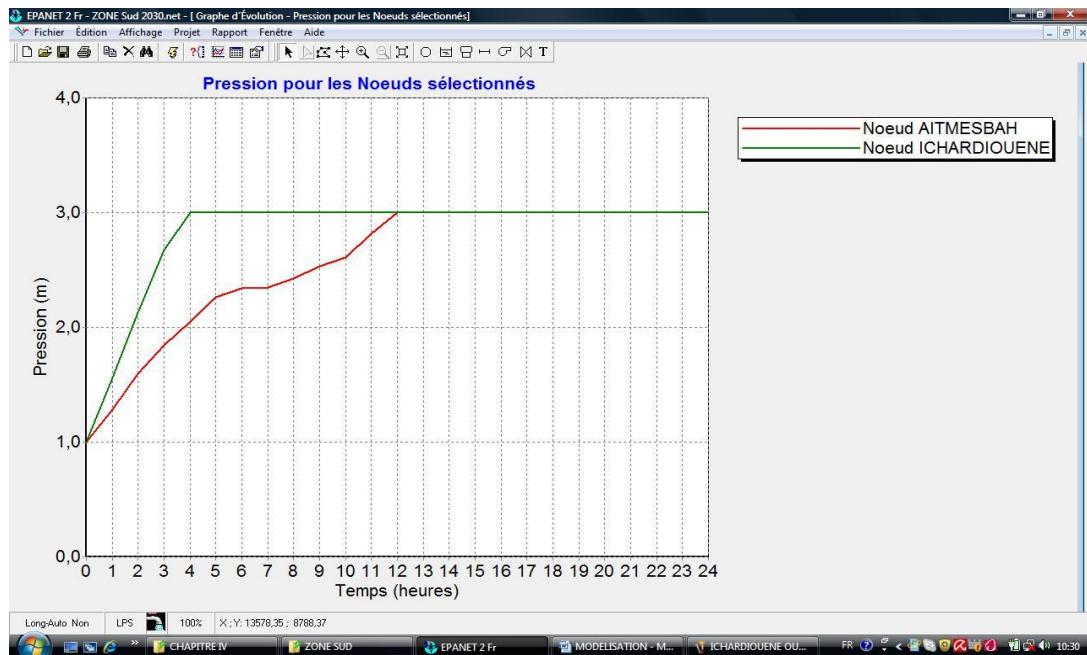


Figure IV-17 : Schéma représentant la variation des pressions au niveau des réservoirs Ait Mesbah et Icherdiouene Bwadda.

Le débordement de ces réservoirs de distribution est causé par l'importance des débits qui les alimentent par rapport aux débits de consommation demandés.

- Vidage du réservoir Lekka Ferhat (pressions nulles à 12h et à 16h) comme le montre la figure IV-18 suivante :

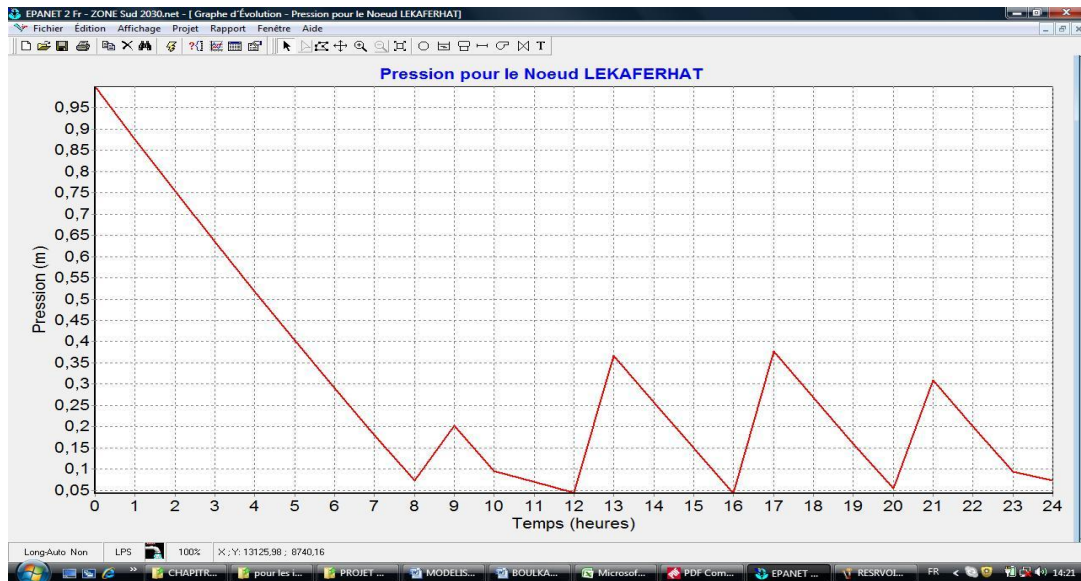


Figure IV-18 : Schéma représentant la variation de la pression au niveau du réservoir Lekka Ferhat

Le débit sortant du réservoir Lekka Ferhat est plus important que celui qui y entre, ce qui cause le vidage de ce réservoir à maintes reprises pendant la journée.

Solutions et recommandations

Le seul problème qui perturbe le bon fonctionnement du réseau d'adduction de la zone Sud est le débordement des réservoirs, pour le régler, nous préconisons :

- L'asservissement des quatre pompes ;
- Le placement des vannes à flotteur au niveau des réservoirs.

7. Simulation du réseau de distribution

Comme pour l'adduction, la valeur moyenne de la rugosité la plus représentative de la réalité des conduites est 01 mm. En introduisant toute les données concernant les conduites, la variation de la consommation et la topographie du chef lieu, nous avons pu effectuer la simulation dont les résultats sont présentés par la figure IV-19 suivante :

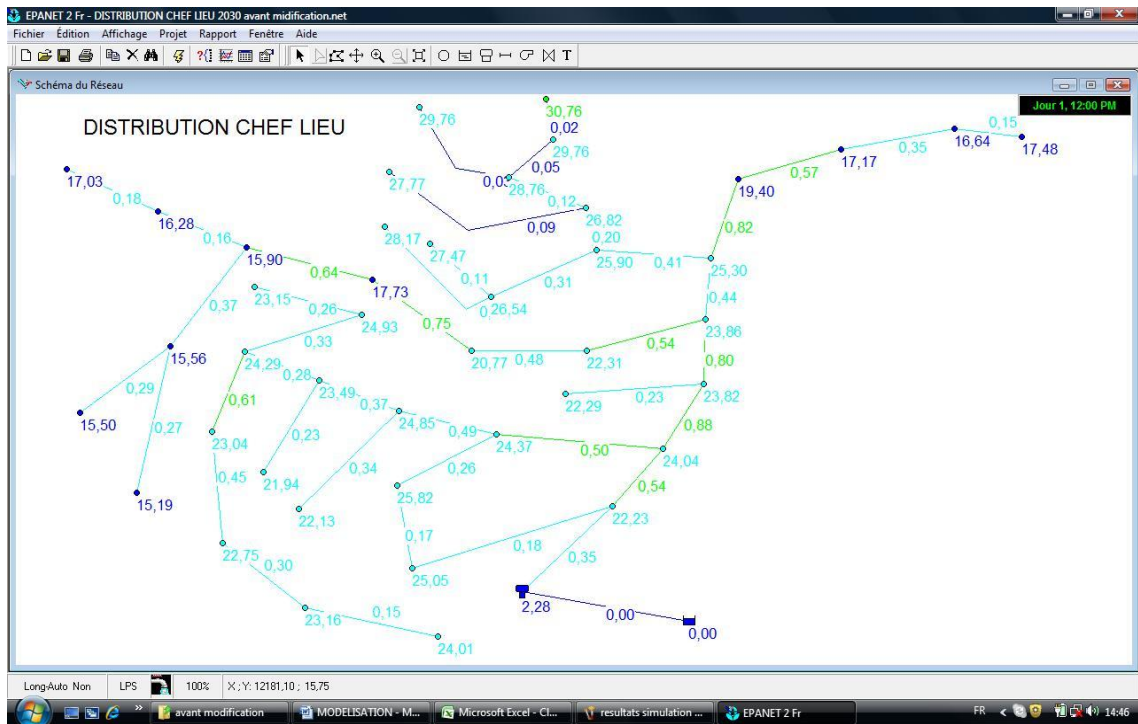


Figure IV-19 : Schéma représentant les pressions et les vitesses résultant de la simulation

Les résultats de la simulation pour le réseau de distribution nous montrent qu'il y a un problème de vitesse au niveau des conduites C37, C38, C39, C43 et C44 (des vitesses trop faibles).

La figure IV-20 suivante montre la variation de la vitesse au niveau de ces conduites.

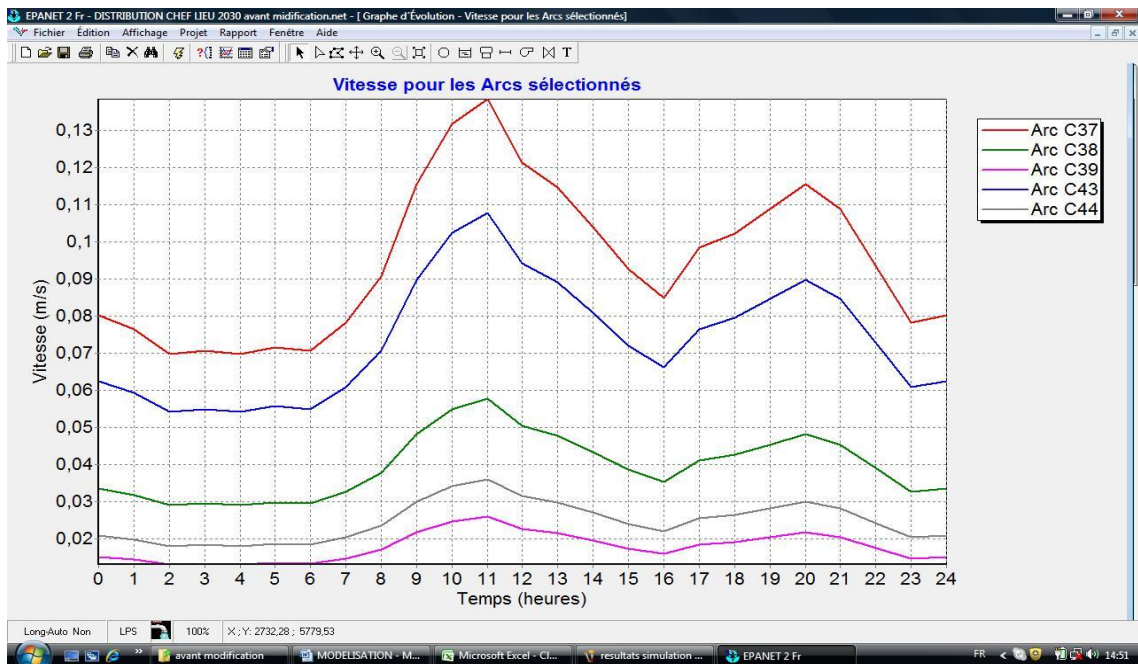


Figure IV-20 : Schéma représentant la variation des vitesses au niveau des conduites C37, C38, C39, C43 et C44.

Dans un réseau de distribution, la vitesse est en fonction du débit de demande et du diamètre de la conduite. Les cinq (05) conduites que nous avons représenté dans le schéma sont surdimensionnées, ce qui donne des vitesses faibles.

Quant aux pressions, les résultats nous montrent qu'elles dépassent les 15 m d'eau dans tous les nœuds du réseau.

Les conduites C37, C38, C39, C43 et C44 sont en mauvais état, nous somme obligés de les remplacer et de préférence par des conduites des diamètres inférieurs selon les conduites.

Après avoir remplacé ces conduites par des conduites neuves de diamètre 20 mm (pour les conduites C44 et C39) et 40 mm pour les autres, nous avons obtenu des résultats acceptables que nous présentons dans la figure IV-21 ci-dessous :

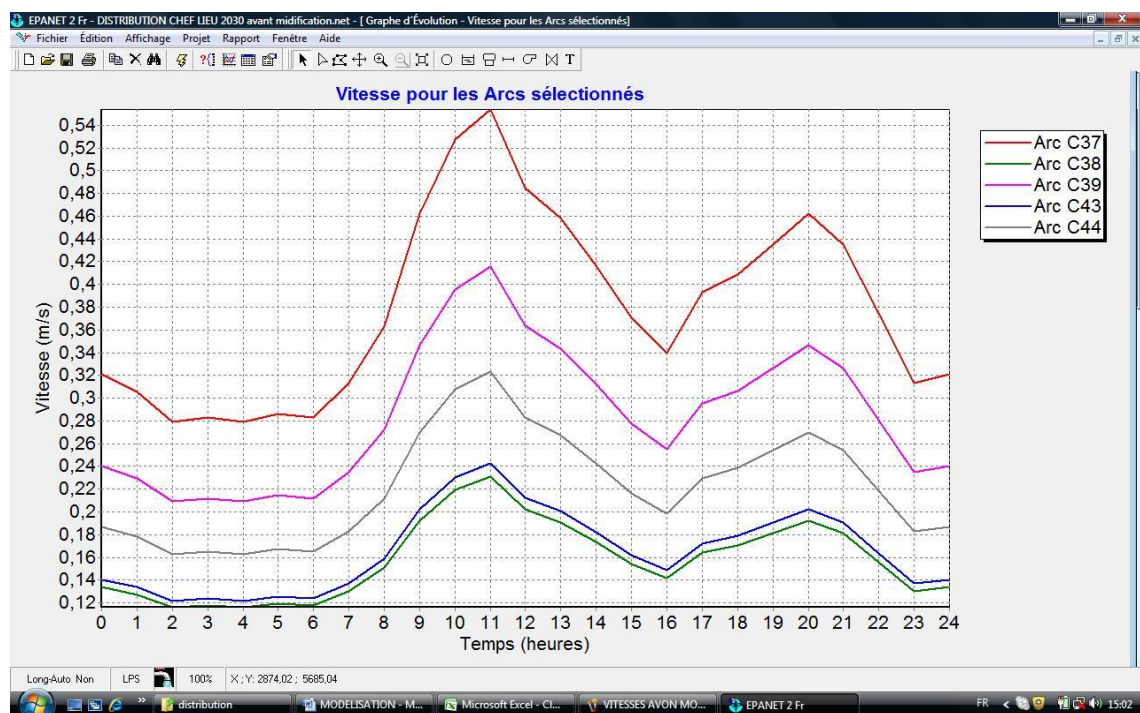


Figure IV-21 : Schéma représentant la variation des vitesses au niveau des conduites C37, C38, C39, C43 et C44 après leur remplacement.

En appliquant les solutions préconisées, le réseau de distribution fonctionnera dans de bonnes conditions et assurera la desserte du chef lieu en terme de quantité.

Conclusion

Afin d'améliorer les résultats de la simulation, nous suggérons de faire des mesures concernant la variation de la consommation horaire, des pressions et du volume produit qui serviront au calage du réseau.

Les simulations effectuées nous donnent la possibilité de trouver des politiques de réhabilitation sous des contraintes techniques et économique. Les contraintes techniques sont : une pression minimale et maximale, et une vitesse minimale et maximale à respecter dans le réseau. Et la contrainte économique est un coût des travaux à ne pas dépasser.

Via la modélisation, nous avons pu déterminer les travaux à mettre en œuvre pour pérenniser la desserte en eau des abonnés en identifiant, à partir de plusieurs scénariis de fonctionnement du réseau, les tronçons hydrauliquement insuffisants, les interconnexions à aménager et un ouvrage à projeter.

Conclusion générale

L'étude présentée avait pour objet d'utiliser un outil d'aide à la décision pour la réhabilitation du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Beni Douala en effectuant au préalable l'étude diagnostique de toutes les installations existantes. Celle-ci nous a permis d'acquérir la connaissance du fonctionnement du réseau, et de se placer dans les meilleures conditions possibles pour prendre en main l'outil.

Les ressources mobilisées pour alimenter la région de Beni Douala restent suffisantes pour répondre à la demande, cependant, les citoyens souffrent toujours du manque d'eau. Ce manque est dû, d'une part, à la dégradation des ouvrages servant à acheminer l'eau depuis les sources vers les consommateurs, et d'autre part, à la mauvaise gestion du réseau d'A.E.P de la région par les services concernés.

Le diagnostic du réseau d'A.E.P de Beni Douala nous a permis d'identifier les anomalies qui empêchent son bon fonctionnement, et de proposer des solutions techniques qui peuvent remédier à ces problèmes.

Concernant les conduites d'adduction et de distribution, nous avons constaté des tronçons qui sont en état moyen et d'autres qui sont en mauvais état, de ce fait, nous suggérons le remplacement immédiat de ces derniers. Quant aux tronçons qui sont en moyen état, ils ne peuvent pas assurer le bon fonctionnement du système à long terme, donc nous proposons de les rénover ultérieurement.

Les réservoirs sont en bon état du côté génie civil, mais ne peuvent pas répondre aux besoins de la population à l'horizon futur (2030), ce qui nous impose de projeter un réservoir de 500 m³. L'entretien régulier et la protection des conduites, des robinetteries et les murs par la peinture sont nécessaires. Il faut aussi réinstaller des vannes à flotteurs au niveau de chaque réservoir pour éviter leurs débordements.

L'absence d'appareils de mesure (débitmètres et enregistreurs de pressions) ne nous a pas permis de procéder au calage.

Dans notre travail, nous n'avons pas pu inclure les réseaux de distribution des différents villages de la commune dont nous signalons l'absence quasi-totale de données. Pour l'avenir, nous suggérons l'actualisation des données concernant le réseau d'adduction et les réseaux de distribution des différents villages pour rendre un diagnostic global possible.

En fin, nous souhaiterions que notre travail servira comme guide bénéfique pour les projets orientés dans la perspective de promouvoir le secteur hydraulique dans la région.

Références Bibliographiques

Blindu I, (2004). « Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques ». Thèse doctorat en sciences et génie de l'environnement, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et de l'Université Jean Monnet, 263p.

Khellil J, (2008). « Contribution à la modélisation hydraulique et de la dégradation du chlore dans les réseaux d'adduction d'eau potable ». Mémoire de master en modélisation en hydraulique et environnement, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, 58p.

Lencastre A, (1995). « Hydraulique Générale ». Edition Eyrolles, 633p.

Dupont A, (1979). « Hydraulique Urbaine », Tome II « Ouvrage de transport-Élévation et distribution des eaux ». Edition Eyrolles, 484p.

Benmamar S, (2010). « Cours Hydraulique », « Module : Alimentation en Eau Potable ». Ecole Nationale Polytechnique.

Belmokhtar O, (2010). « cours de Génie Industrielle », « Module : Diagnostic et Planification stratégiques ». Ecole Nationale Polytechnique.

Manuel de l'utilisateur d'EPANET , 2003.

Manuel de l'utilisateur de PORTEAU, 2008.

Manuel de l'utilisateur de PICCOLO, 2006.

Manuel de l'utilisateur de LOOP, 2004.