

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Présenté par : Moctar Issa Saadatou & Nadji Nassima

**Thème : Etude et simulation du réseau d'A.E.P de la
commune d'El-Cheurfa. W. d'Annaba**

Sous la direction de : Dr Kherouf Mazouz

Juillet 2019

Table de matières :

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Dédicace.....	III
Résumé.....	VI
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	VI
Liste des abréviations.....	VII
Introduction générale et objectif du travail.....	VIII

Première partie :**I- Chapitre 01 : Modélisation d'un réseau d'AEP avec le logiciel****Epanet**

Introduction.....	1
I.1. Les étapes de la modélisation	2
I.2. Quand modéliser les réseaux hydrauliques	2
I.3. Pourquoi modéliser un réseau hydraulique	3
I.4. Comment modéliser un réseau hydraulique	4
I.5. Intérêts de la modélisation des réseaux d'AEP	5
I.5.1. Les modèles	6
I.6. Objectif de la modélisation du réseau d'AEP	6
I.7. Les logiciels de modélisation des réseaux d'AEP	7
I.8. Choix des logiciels utilisés pour notre étude.....	8

I.8.1. Présentation générale de l’outil Epanet 2.0.....	8
I.8.2. Potentialités du logiciel.....	9
I.8.3 Capacité de modélisation hydraulique.....	10
I.8.4. Principes hydrauliques régissant les calculs du logiciel	11
I.8.4.1. Les lois de base du calcul	11
I.8.5. Le calcul des pertes de charges	12
I.8.5.1. Le calcul des pertes de charge linéaires	12
I.8.5.2 Le calcul des pertes de charges singulières	12
I.8.6. Les étapes de l’utilisation de l’Epanet	13
Conclusion.....	19

II -Chapitre 02 :Rappel général sur l’alimentation en eau potable

II.1. Introduction	20
II.2. Description d’un réseau AEP	20
II.2.1. Maillon ressource	22
II.2.2. Maillon production – adduction	22
II.2.2.1. La station de pompage	22
II.2.2.2. Le dispositif d’adduction	22
II.2.3. Le maillon traitement	23
II.2.4. Le maillon stockage	23
II.2.5. Le réseau de distribution	23
II.2.5.1. Définition	23

SOMMAIRE

II.2.5.2. Ossature du réseau	24
II.2.5.3. Éléments constitutifs d'un réseau de distribution d'eau potable	25
II.2.5.3.1. Les matériaux des canalisations.....	25
II.2.5.3.2. Les joints	25
II.2.5.3.3. Les vannes	25
II.2.5.3.4. Les ventouses	26
II.2.5.3.5. La décharge	27
II.2.5.3.6. Les poteaux d'incendie	27
II.2.5.4. La pression dans le réseau	28
II.3. Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E. P	29
II.3.1. Problème de gestion des réseaux d'A.E. P en Algérie	29
Conclusion.....	30

Deuxième partie :

III -Chapitre 03 :Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	31
III.1. Situation générale	31
III.2. Définition de l'aire d'étude	32
III.4. Situation géographique de la commune- Cheurfa	32
III.5. Evolution de la Population future et Habitation	34
III.6. Choix du réseau	35
III.6.1. Choix du type de matériaux de canalisation	36

SOMMAIRE

III.6.2. Conception d'un réseau	36
III.6.3. Description de la variante	36
III.6.4. Fiche de diagnostic.....	36
III.6.4.1 Solution.....	38
Conclusion.....	38

IV -Chapitre 04: Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique des ouvrages de stockage des réseaux de distribution

Introduction.....	39
IV.1. Estimation des besoins en eau actuelle et future.....	39
IV .2.1. Besoins moyens journalier domestiques.....	39
IV.2. Besoins des équipements.....	40
IV.2.1. Equipements et infrastructures	40
IV.2.2. Pertes.....	41
IV.3. Calcul du débit moyen journalier.....	42
IV.4. Calcul du débit maximal journalier et débit de pointe.....	42
IV.4.1 Débit maximal journalier.....	42
IV.4.2 Débit de pointe	43
IV.4.3. Evaluation des besoins en eau de la population à différents horizons	44
IV.4.4. Besoins de stockage.....	44
IV .5. Dimensionnement des équipements à l'horizon 2050.....	45
IV. 5.1. Choix du type de matériaux de canalisation.....	45
IV.5.2. Dimensionnement des réseaux de distribution à l'horizon 2050.....	46

SOMMAIRE

IV.6. Les caractéristiques du réseau	46
VI -1. Calcul du débit spécifique.....	50
VI -2. Calcul des débits en route.....	50
VI 3. Calcul des débits nodaux	51
Conclusion.....	57

V -Chapitre 05 : Simulation du réseau d’AEP de la commune D’El-Cheurfa

Introduction.....	58
V.2. Description du réseau d’El-Cheurfa	58
V.2.1. Description des nœuds	59
V.2.2. Description des tuyaux	60
V.3.La simulation par Epanet	61
V.3.1. Affichage graphique et Analyse	62
V.3.1.1. Les courbes de distributions et profil longitudinal.....	63
V.3.2. Synthèse et interprétation	65
V.3.3. Valeurs guides pour un fonctionnement correcte	66
V.4. Résultat de la modélisation de réseau	66
V.5. Simulation dynamique	74

SOMMAIRE

V.5.1. La qualité	77
V.5.2. Vitesse moyenne de réaction... ..	79
V.6. Cas de pointe et incendie	92
V.7. Redimensionnement du réseau avec des diamètres normalisés immédiatement inférieurs	93
Conclusion.....	94
Conclusion générale	95
Références bibliographiques.....	97
Annexe.....	99

Remerciements



*Dans le cadre de notre formation de master ‘hydraulique et techniques des eaux ’, on remercie **DIEU** qui nous illuminées notre chemin et qui nous aarmé de courage pour achever nos études.*

*Nos remerciements à **nos parents** ...on remercie fortementnotre promoteur : **Dr Kherouf Mazouz** qui a été l’écoute etdisponible lors de la construction et dans le but de mener à bien ce travail.*

Par la même occasion nous remercions :

*Nos **Enseignants** du département d’hydraulique pour leurs contributions à notre formation de master en hydraulique.*

*Nous tenons aussi à remercier notre responsable de stage **Mr Boutafnouchet Nabil** de nous avoir orientées par ses conseils judicieux ainsi que le **Directeur** et tous les agents de service de la **Direction des ressources en eau Annaba** et ceux d’Ain Berda.*

Notre gratitude va également aux membres du jury pour honorer notre soutenanceet pour l’effort fourni afin de juger ce travail.

Qu’il nous soit permis de remercier toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.



Saadatou et Nassima



Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance aussi tout simplement que je dédie ce modeste travail.

A la mémoire de : mon défunt père **Maman Moctar**, mes défunts grands-parents, qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur.

A ma grand-mère maternelle : **Habsatou Djibo** que ce modeste travail soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières.

A ma très chère mère : **Aichatou**, autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi reçois ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime.

A mes aimables frères et sœurs : **Nafissa** , **Maimouna** ,**aicha**, **Mariama** , **Cherifa** , **Balkissa** , **Souleymane**

A mes neveux : **Samira**, **Moctar**, **Abidine**, **Fatimata Zahra**.

A ma tante **Maimouna**, à mon oncles **Abdou** et à toute ma grande famille maternelle et paternelle.

A mes enseignants : **Mr Apollinaire**, **Mr Issa**, **Mr Bouba**, et tous ceux qui m'ont encadrée tout au long de mon cursus.

A mon binôme : **Nassima** avec qui on a traversé toutes les difficultés pour effectuer ce travail.

A mes proches et à ceux dont je connais.

Qui m'ont toujours soutenue de près ou de loin.

Saadatou

The page is decorated with pink cherry blossoms. A branch with several open flowers and buds is in the top right corner. Another branch is on the left side, extending vertically. At the bottom, there is a larger branch with many blossoms and buds. The background features a faint, large watermark of a pink flower.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

- A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **Meriem Ahmed Chaouch**
- A mes chères sœurs **Sana** , **Ahlem** , et mon frère **Nasro..** qui n'ont pas cessé de me conseiller , et soutenir tout au long de mes études . que dieu les protège et leurs offre la chance le bonheur.
- A mes adorables neveux : **Douàa .. Kamel .. et Taim** .
- A ma très chère amie et ma sœur **Meriem** . qui partage avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail . elle m'a chaleureusement supportée et encouragée tout au long de mon parcours .
- A mes amis proches **Selma** . **Bouthayna** . **Nacer** et les autres que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.
- Sans oublier mon binôme **Saadatou** pour le soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet .

Nassima

Abstract :

Les réseaux d'A.E.P conditionnent l'activité et le développement des agglomérations. Afin d'appréhender leur fonctionnement, l'étude des différentes composantes d'un réseau d'A.E. P est indispensable. La prévision et le suivi des paramètres d'un réseau d'eau potable tels que le débit, la pression et la vitesse sont des enjeux primordiaux pour l'exploitant afin de garantir une distribution conforme en toute occasion. La simulation d'un réseau d'eau potable permet entre autres de déterminer des stratégies de distributions afin de garantir la qualité du service en continu. Ce travail consiste à simuler le réseau d'alimentation en eau potable de la zone d'El -Cheurfa utilisant le logiciel de simulation hydrauliques Epanet. La simulation du modèle a été exécuté avec succès ce qui nous a permis d'établir un état de lieu des paramètres hydrauliques sur tout le réseau et nous a aider à bien comprendre le fonctionnement de notre réseau.

Mots clés : Simulation, Réseau d'alimentation en eau potable, la zone d'étude (El Cheurfa), Epanet.

Abstract:

Drinking water supply systems the activity and the development of agglomerations. In order to understand their functioning, the study of the various components of a drinking water supply system is essential. Predicting and monitoring drinking water system parameters such as flow, pressure and speed are key issues for the operator to ensure consistent distribution at all times. The simulation of drinking water system makes it possible among other things, to determine distribution strategies in order to guarantee continuous quality service. This work consists of simulating the water supply network of El-Cheurfa sector using the hydraulic simulation software Epanet. The simulation of the model was successfully carried out, which permit us to establish an inventory of hydraulic parameters on the whole network and helped us to understand the functioning of our system.

Key words: Simulation, drinking water supply, study area (El-Cheurfa), Epanet

ملخص

إن نشاط و تطوير التجمعات السكانية مشروط بتوزيع شبكات التزويد بالمياه الصالحة للشرب. يعتبر فهم هذه الشبكات و مكوناتها أمر رئيسي لفهم عملها. إن متابعة إعدادات شبكات التزود بمياه الشرب كسرعة التدفق والضغط رهانات رئيسية يجب تحقيقها لضمان التوزيع الجيد و المتساوي. إن محاكاة شبكات التزود بمياه الشرب تعتبر إحدى استراتيجيات التي تضمن النوعية و الخدمة المتواصلة، في هذا المجال قمنا بعملية محاكاة لشبكة التزود بمياه الشرب الخاصة بمنطقة الشرفة و ذلك باستخدام برنامج Epanet . لقد تمت عملية محاكاة النموذج بنجاح؛ الأمر الذي سمح بفهم عمل هذه الشبكة و إعداداتها الهيدروليكية.

مفاتيح: المحاكاة؛ شبكة إمدادات مياه الشرب، منطقة الدراسة (الشرفة)، Epanet.

Listes des figures :

Chapitre1 :

Figure I-1 : Les étapes de la modélisation, Angelbert Biaou ,2011.....	2
Figure I-2 : Exemple de modèles conceptuels, Angelbert Biaou ,2011.....	5
Figure I-3 : Model de réseau simulé par Epanet	10
Figure I-4 : Schéma illustratif de la loi des mailles dans un réseau d'eau potable.....	11
Figure I-5 : Présentation de l'écran.....	13
Figure I-6 : Présentation de l'écran.....	14
Figure I-7 : Boîte de dialogue valeurs par défauts.....	14
Figure I-8 : Boîte de Dialogue Options du Schéma.....	15
Figure I-9 : Boîte de Dialogue Dimensions.....	16
Figure I-10 : L'éditeur de Propriétés.....	16
Figure I-11 : Propriétés du réservoir.....	17
Figure I-12 : Courbe caractéristique de la pompe.....	17
Figure I-13 : Paramètres de calcul.....	18
Figure I-14 : Schéma du réseau.....	19
Figure I-15 : Evolution du chlore.....	19

Chapitre 2 :

Figure II-1 : Schéma général d'un réseau d'AEP.....	21
Figure II-2 : Organisation structurelle d'un système d'AEP (Abdel Baki et al., 2012).....	21
Figure II-3 : Schéma général d'un réseau de distribution (R : Réservoir)	24
Figure II-4 : Différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride.....	25
Figure II-5 : Différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression.....	26
Figure II-6 : Types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air b) ventouse à grandes quantités d'air c) ventouse universelle.....	27
Figure II-7: Poteau d'incendie.....	28
Figure II-8 : Installation d'un poteau d'incendie vue en coupe.....	28

Chapitre3 :

Figure III-1 : Carte administrative de la wilaya d'Annaba.....	32
Figure III-2.a : Carte graphique de Cheurfa.....	33
Figure III-2.b : Carte satellitaire de la commune de Cheurfa.....	33

Figure III-3 : Histogrammes de l'évolution de la population à différents horizons.....	35
 Chapitre5 :	
Figure V-1.a : Plan de masse du réseau.....	59
Figure V-1.b : Schéma du réseau principal.....	59
Figure V-2 : Exemple de saisie de données des nœuds	60
Figure V- 3 : Saisie des données des conduites.....	60
Figure V-4 : Schéma de l'état du réseau (Pression-Vitesse) du système après simulation.....	61
Figure V-5 : Schéma de l'état du réseau (demande de base et perte de charge unitaire) du système après simulation	62
Figure V-6 : Courbe de la distribution de la pression aux nœuds.....	63
Figure V-7 : Courbe de la distribution des débits aux arcs.....	64
Figure V-8 : Courbe de la distribution de vitesses aux arcs.....	64
Figure V-9 : Profil longitudinal des pressions	64
Figure V-10 : Résultats de la pression et vitesses.....	65
Figure V-11 : Résultats de la demande de base et perte de charge.....	66
Figure V-12 : Courbe de variation de la vitesse d'écoulement dans le réseau.....	67
Figure V-13 : Courbe des niveaux de la pression.....	67
Figure V-14 : Courbe de modulation horaire.....	76
Figure V-15 : Schéma du système après la simulation (régime non permanent).....	76
Figure V-16 : Schéma de l'état (qualité) du système après la simulation.....	77
Figure V-17 : Evolution du Chlore pour les nœuds 28, 56,12.....	77
Figure V-18 : Distribution de pertes de charge.....	78
Figure V-19 : Distribution de pression.....	78
Figure V-20 : Pression pour les nœuds 9 ,12 ,56.....	78
Figure V-21 : Courbe de niveau – Pression à 00 :00 Heures.....	79
Figure V-22 : Courbe de niveau – Pression à 72 :00 Heures	79
Figure V-23 : Vitesse moyennes de réaction (Kg/Jour)	80
Figure V-24 : Résultat de la simulation du réseau en cas d'incendie.....	93
Figure V-25 : simulation du réseau (pression –vitesse) après diminution des diamètres.....	93

Liste des tableaux :**Chapitre3 :**

Tableau III-1 : Evolution de la population à différents horizons.....	34
--	-----------

Chapitre4 :

Tableau IV-1. : Base de calcul les dotations en fonction du nombre de la population.....	40
Tableau IV-2 : Besoins des équipements.....	41
Tableau IV-3 : Débit moyen journalier de l'agglomération d'El Cheurfa chef-lieu.....	42
Tableau IV-4: Variation de β_{max} en fonction du nombre d'habitant.....	43
Tableau IV-5 : Calcul coefficients de pointe (Kp) pour différents horizons.....	44
Tableau IV-6 : Calcul du débit de pointe Réseau de distribution d'El Cheurfa.....	44
TableauIV-7 : Les différents bilans chef-lieu de stockage.....	45
Tableau IV-8 : Caractéristiques des nœuds.....	47
Tableau IV-9 : Caractéristiques des tuyaux.....	50
TableauIV-10 : Calcul des débits Routes.....	53
Tableau IV-11: Répartition des débits nodaux dans le réseau.....	57

Chapitre5 :

Tableau V-1 : Etat des nœuds du réseau.....	70
Tableau V-2 : Etat des arcs du réseau.....	75
Tableau V-3 : Les coefficients de modulation.....	75
Tableau V-4 : Etat des nœuds du Réseau à 2 :00heures.....	83
Tableau V-5 : Etat des nœuds du Réseau à 12:00 Heures.....	86
Tableau V-6 : Etat des arcs du Réseau à 2 :00 Heures.....	89
Tableau V-7 : Etat des arcs du Réseau à 12 :00 Heures.....	92

Liste des abréviations :

P₀ : Population actuelle (2018)

P : Pression au sol du point considéré (m)

t : Taux d'accroissement (en pourcentage)

v : Viscosité cinématique de l'eau (m²/s)

λ : Coefficient de frottement de DARCY, il caractérise l'écoulement ainsi que la nature de Rugosité de la canalisation

ΔH : Perte de charge dans la conduite (m)

n : Nombre d'année

Q : Débit qui doit transiter dans la conduite (m³/s)

Q_{équip} : Débit des équipements journalier en (m³/j)

Q_{dom} : Consommation domestique moyenne journalière (m³/j)

Q_{sp} : Débit spécifique (l/s)

Q_p : Le débit de pointe (l/s)

Q_r : Débit de route (l/s)

Q_n : Débit au nœud (l/s)

Q_{max,j} : Débit majoré journalier en (m³/j)

Q_{min,j} : Débit minimal du jour le plus chargé de l'année (m³/j)

Q_{moy,j} : Débit moyen journalier en (m³/j)

K_{max,j} : Coefficient de majoration maximale, sa valeur varie de 1,1 ÷ 1,3

K_{min,j} : Coefficient de majoration minimale sa valeur varie de 0,7 ÷ 0,9

K_{max,h} : Coefficient d'irrégularité maximale horaire

K_{min,h} : Coefficient d'irrégularité minimale horaire

V_r : Volume total du réservoir (m³)

α_{max} : Coefficient qui dépend du niveau de vie et de confort, il est compris entre 1,2 ÷ 1,4

α_{min} : Coefficient qui dépend du niveau de vie et de confort, il est compris entre 0,4 ÷ 1,4

β_{max} : Coefficient qui dépend du nombre d'habitant

m.c.e : mètre colonne d'eau

β_{min} : Coefficient qui dépend du nombre d'habitant

D.R.E : Direction des ressources en eau

A.C.L : Agglomération Chef-Lieu

P.E.H.D : Polyéthylène haute densité

A.E.P : alimentation en eau potable

Introduction générale et objectif du travail :

L'eau représente aujourd'hui un enjeu crucial pour toutes les sociétés, elle est source de la vie et de développement, compte parmi les richesses naturelles les plus précieuses, ayant une importance considérable pour le développement social et économique du pays. La crise actuelle, bien plus qu'une question de rareté, en est une de répartition. La complexité des réseaux d'eau potable et la difficulté éprouvée par les gestionnaires de prévoir les phénomènes hydrauliques qui s'y déroulent, fait de la gestion informatisée une opération indispensable, rendue possible grâce aux progrès de l'informatique. La présente étude porte sur la modélisation et la simulation du réseau d'alimentation en eau potable de la commune d'El-Cheurfa ,pour cela, notre travail consiste à simuler, du point de vue hydraulique, le réseau d'alimentation en eau potable existant de la localité d'El-Cheurfa dans le but d'avoir des résultats sur les paramètres (vitesses et pressions), pour arriver à cet objectif nous avons préparé notre travail en cinq chapitres: Nous commencerons d'abord dans le premier chapitre par une présentation générale sur la modélisation des réseaux d'alimentation en eau potable par le logiciel de simulation Epanet et donner les étapes de base dans le processus de modélisation. Ainsi nous essayons de donner un aperçu sur les différents modèles hydrauliques et programmes existants dans le domaine. Dans le deuxième chapitre on fera un rappel général sur l'AEP. Dans le troisième les différents aspects de la zone d'étude ont été présentés, situation géographique et climatique etc..., tout en estimant les besoins actuels et futurs en se basant sur le nombre d'habitant et les équipements existants actuellement, dans le futur et cela dans le but d'établir un bilan des ressources disponibles et des besoins à satisfaire à long terme. Dans le quatrième nous avons effectué une estimation des besoins en eau de différente catégorie de la population suivie d'un calcul hydraulique du réseau d'AEP. Le cinquième et dernier chapitre sera consacré à la simulation par le logiciel Epanet, présentation des résultats des paramètres hydrauliques sous forme de schémas et graphes et suivis chacun par une discussion analysante du système sur la base de ces résultats obtenus on a effectué une évaluation de la qualité de l'eau et étudié les moyens appropriés pour la protection en cas d'incendie .On terminera avec une conclusion générale, une synthèse du travail réalisé est faite dans le but d'apporter des solutions et de protéger notre réseau d'adduction.

Modélisation d'un réseau d'A.E.P avec le logiciel Epanet :

Introduction :

La modélisation est une représentation mathématique du comportement d'un système réel lorsque ce système est assez complexe à modéliser de manière analytique ; elle se pratique par l'utilisation d'un modèle descriptif qui détaille les différents événements et actions décrivant son comportement [1]

- **Comprendre la réalité** : par la connaissance additionnelle sur les mécanismes de fonctionnement d'un phénomène (comportements oscillatoires, états d'équilibre, stabilité, instabilité) que (les) le modèle(s) pourrait apporter.
- **La généralisation de solutions** : les solutions du modèle fournissent des exemples de Comportement du système. Parfois une solution peut être obtenue de manière analytique mais dans les cas les plus généraux il faut avoir recours à la simulation numérique.
- **Étude de dépendances structurelles** : il est intéressant d'étudier et analyser le comportement de solutions en fonction des paramètres ou de la structure du modèle (analyse de la stabilité, sensibilité et robustesse).
- **Contrôle** : conception de règles ou d'un système de contrôle capable d'amener le système vers un état désiré. [2]

Dans notre cas (modélisation d'un réseau d'AEP)

- Dans le cadre d'une étude de diagnostic, de connaître le fonctionnement hydraulique du réseau en situation actuelle et prochaine, afin de déterminer ses anomalies et de planifier les interventions nécessaires à court terme.
- De coordonner et valider, par les gérants du réseau, les petits travaux en vérifiant l'adéquation et la consistance.
- Du point de vue de l'exploitation, d'étudier les situations critiques liées à l'indisponibilité d'une ressource, d'ouvrages de pompage ou de stockage, ou d'une canalisation maîtresse, ou de rechercher les dispositions les mieux adaptées pour parvenir à un contrôle adéquat de la pression de distribution tout en réduisant les coûts d'exploitation.
- D'autre part, de concevoir, dimensionner et planifier les aménagements rendus nécessaires par l'évolution des consommations ou de la réglementation en matière de sécurité. [3]

I.1. Les étapes de la modélisation [4] :

Les différentes étapes de la modélisation sont :

- 1- Définitions des buts poursuivis
- 2- Modèle conceptuel
- 3- Modèle mathématique
- 4- Modèle numérique (Programme ou logiciel)
- 5- Entrée des données
- 6- Calibration (simulation)
- 7- Validation
- 8- Etude de sensibilité
- 9- Application du modèle
- 10- Application du modèle

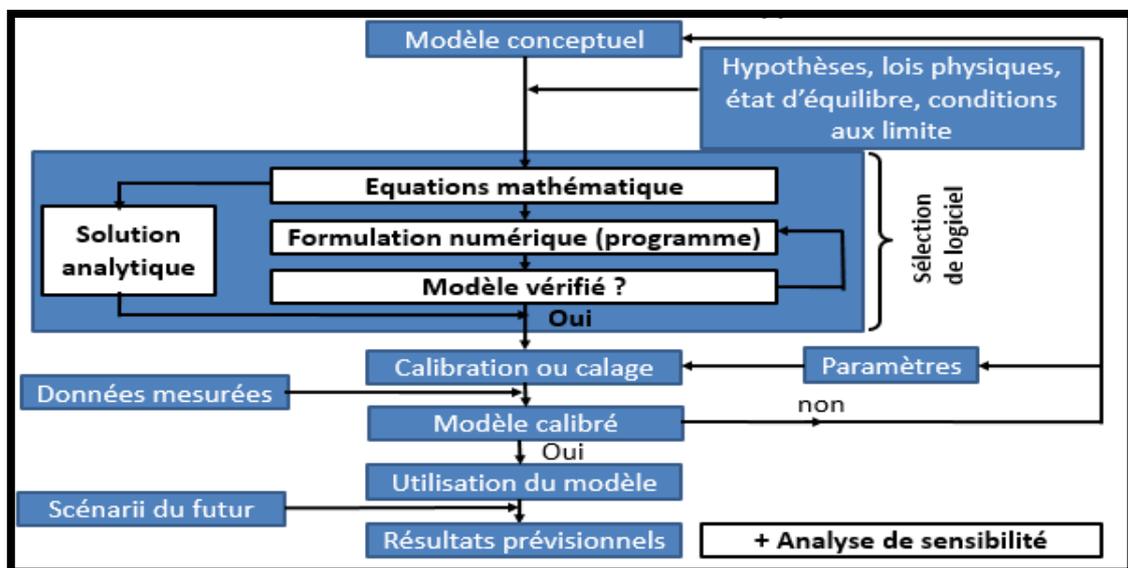


Figure I-1: Les étapes de la modélisation, Angelbert Biaou 2011.

I.2. Quand modéliser les réseaux hydrauliques :

- Conception d'un réseau à partir d'un certain nombre de données existantes :

À partir de la demande en eau et de la ressource disponible mettre en place un réseau dans lequel sont connus :

- Les débits de conduites sont connus,
- Les pressions dans les nœuds,
- Les vitesses
- L'énergie de pompage est optimisée

➤ **Les dimensions physiques étant connues, il s'agit de faire un diagnostic :**

- Connaître les débits effectifs dans les conduites,
- Connaître les pressions effectives en les nœuds,
- Évaluer les vitesses effectives

Les dimensions physiques étant connues, il s'agit de faire un diagnostic :

- Connaître les débits effectifs dans les conduites,
- Connaître les pressions effectives en les nœuds,
- Évaluer les vitesses effectives

➤ **Gérer et optimiser un réseau existant :**

Les dimensions physiques étant connues, il s'agit de faire un diagnostic :

- Connaître les débits effectifs dans les conduites,
- Connaître les pressions effectives en les nœuds,
- Évaluer les vitesses effectives.

➤ **Faire une prédiction des demandes à un horizon (10 ans par exemple) [4]**

I.3. Pourquoi modéliser un réseau hydraulique :

Il fallut attendre 1936 pour que soit créé un appareil mathématique capable de calculer des réseaux maillés avec un temps record estimé à 0.28 secondes à mon ordinateur pour calculer le réseau. Malgré cela, l'image du réseau qui fonctionne quasiment par lui-même et qui peut être conçu à vue d'œil ou grâce à trois recettes de cuisine obsolètes, perdurent. La prolifération de personnes qui affirme sans sourciller qu'elles sont capables de calculer un

réseau de tête est franchement exaspérante. Il n'est alors pas surprenant de constater que tant de réseaux finissent par ne jamais fonctionner, malgré l'émulation de cerveaux "expert" et l'engagement actif de bailleurs sur plusieurs années .

I.4. Comment modéliser un réseau hydraulique :

Pour modéliser un réseau hydraulique on doit :

- **Appliquer les outils et méthodes mathématiques et hydrauliques pour trouver les états de fonctionnement normal de tous les éléments du réseau :**

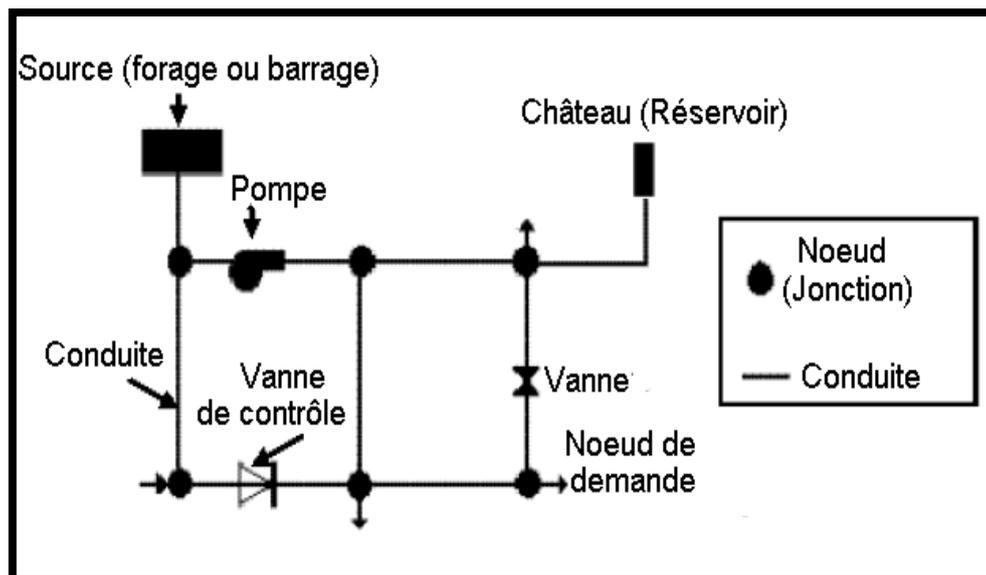
Les lois des nœuds, lois des mailles, les calculs de pertes de charge (théorème de Bernoulli) les calculs de réseaux maillés par méthode de Hardy-Cross sont les outils et méthodes applicables.

- **Mise en place des programmes informatiques :**

Les lois et méthodes ci-dessus présentent un grand nombre de calculs

Le plus souvent itératifs. Il va donc falloir développer des codes de calculs dans un langage de programmation (C++, Fortran, Delphi, Python...) pour s'affranchir du caractère rébarbatif des calculs.

- Utiliser des codes de calcul existants, développés sous forme de logiciel
- EPANET (développé par l'armée américaine),
- MIKENET de DHI qui utilise le noyau de EPANET
- Permettent de simuler les différentes lois énoncées en Hydrauliques en Charge, avec un interface utilisateur plus ou moins convivial



FigureI-2 : Exemple de modèles conceptuels, Angelbert Biaou ,2011

I.5. Intérêts de la modélisation des réseaux d'AEP:

La modélisation des données est une étape fondamentale dans la conception des bases des donnée qui seront utiles pour la gestion du réseau d'eau potable elle permet de traduire le monde réel par toute sa complexité, et par des structures de données. Elle a pour objet d'abstraire la réalité en mettant l'emphase sur les phénomènes d'intérêt et en éliminant ce qui ne concerne pas l'objectif poursuivi ce qui permet :

❖ Du point de vue hydraulique :

Connaitre le fonctionnement hydraulique du réseau sur les différents horizons actuels et futurs et aussi d'estimer les besoins en renforcement et en extension du réseau entre les infrastructures. D'obtenir une vision du fonctionnement du réseau en toute condition au degré de précision désiré. Permet de déterminer les défaillances et les points noirs non apparents sur notre réseau qui serait la base pour l'établissement des plannings de gestion et de renforcement à court et long termes.

❖ Du point de vue économique :

Coté exploitation, elle permet d'étudier les situations critiques liées à l'indisponibilité des ressources, d'ouvrages de stockages ou de pompages ou d'une canalisation maitresse, ou de rechercher les dispositions les mieux adaptées pour les couts d'exploitation c'est un outil d'aide à la décision pour l'établissement des programmes de développement durable et des projets de mobilisation à l'échelle sectorielle.

❖ Du point de vue sécurité :

Elle permet d'intervenir plus rapidement, et limiter les dégâts qui peuvent être rencontré en cas d'incendier ou de contamination. Elle permet aussi de classer, d'identifier les zones selon leurs degrés de risque, et de planifier les méthodes d'intervention à l'avance. D'autre part de concevoir, de dimensionner, et planifier les aménagements rendus nécessaires par l'évolution des consommations ou de réglementation en matière de sécurité [5].

I.5.1. Les modèles :

Les modèles mathématiques, d'une façon générale, sont constitués

- D'un ensemble de variables, choisies pour représenter l'objet étudié
- D'un ensemble de relations mathématiques entre ces variables, choisies pour représenter son fonctionnement

Ces relations, qui doivent permettre de calculer les variables de sortie en fonction des variables d'entrée, font aussi intervenir d'autres paramètres. Cette imitation recouvre deux fonctions essentielles, complémentaires et indispensables :

- D'une part la représentation simplifiée de la réalité, perçue d'un certain point de vue par le modélisateur, à travers un filtre conceptuel : un modèle est donc une interprétation et non simple reproduction,
- D'autre part comme instrument d'étude de cette réalité, conçu pour répondre à un certain objectif guidant l'ensemble des choix faits au cours de la modélisation : un modèle est donc aussi une représentation orientée et sélective. D'où le caractère doublement relatif d'un modèle, qui dépend tout à la fois de la justesse des Conceptions et hypothèses sur lesquelles il repose et de l'objectif poursuivi.

I.6.Objectif de la modélisation du réseau d'AEP :

- Accroissement de la facturation d'eau
- Prise de décision permettant de gérer le réseau de façon optimale
- Contrôle de la pression d'eau et de la vitesse de débit
- Création d'un système de sectorisation permettant d'éviter les fuites d'eau
- Fonctionnement optimal des pompes
- Gestion adéquate des installations de stockage comme les réservoirs
- Détermination du diamètre des nouvelles conduites.

I.7. Les logiciels de modélisation des réseaux d'AEP :

De nos jours, les outils de modélisation sont devenus incontournables à la gestion des réseaux d'eau potable. De plus en plus, les gestionnaires des réseaux d'eau potable se dotent d'outils de modélisation pour mieux concevoir, gérer et prévoir l'évolution des ouvrages hydrauliques et la qualité de l'eau distribuée. Actuellement, il existe plusieurs logiciels pour la modélisation et la gestion des eaux, parmi ces logiciels on peut citer :

WaterCAD :

Des sociétés de services publics et d'ingénierie du monde entier ont adopté WaterCAD comme un outil fiable d'aide à la prise de décision pour leurs infrastructures. Ce logiciel permet de concevoir de nouveaux réseaux de distribution d'eau et gérer les réseaux existants de façon efficace pour réduire les risques d'interruption et la consommation d'énergie. WaterCAD vous permet de planifier, concevoir et exploiter simplement et efficacement des réseaux de distribution d'eau par :

- L'accroissement de la capacité pour correspondre aux niveaux de service. La fourniture de l'eau potable sans interruption
- La réalisation des conceptions de qualité en limitant les coûts. [6]

Piccolo :

Piccolo est un logiciel de modélisation des écoulements et de la qualité de l'eau dans les réseaux d'eau potable. Développé par Safège en partenariat avec Adélior France (groupe GFI) et ayant un environnement d'utilisation riche, une modélisation fine et un moteur de calcul robuste et performant, Piccolo permet aux cabinets d'ingénierie, aux collectivités et exploitants de :

- Diagnostiquer les faiblesses structurelles des systèmes d'alimentation en eau potable.
- Concevoir les renforcements et extensions.
- Etudier l'impact des modes de gestion sur le temps de séjours et la qualité de l'eau Distribuée au consommateur final.
- Evaluer le risque de relargage de Chlorure de Vinyle Monomère (CVM) grâce à un module

Spécifique intégré depuis 2013. [7]

H2Onet :

H2ONET Analyzer est un logiciel de modélisation, d'analyse et de conception des systèmes de distribution d'eau. Il effectue une modélisation hydraulique et dynamique de la

qualité de l'eau rapide, fiable et complète, une gestion de l'énergie, une simulation et un contrôle en temps réel, une analyse du flux d'incendie et une interface SCADA automatisée en ligne. Le programme peut également être utilisé efficacement pour analyser les systèmes de collecte des égouts sous pression.

Il est intégrable avec Autocad, et compatible avec EPANET. [8]

EPANET

EPANET est un logiciel développé pour la simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau d'un point de vue hydraulique et également d'un point de vue qualité de l'eau. Ce logiciel est distribué gratuitement par l'Agence en charge de l'Environnement aux États Unis (U.S. Environmental Protection Agency – EPA) depuis le mois de septembre 1993. Depuis, il est largement utilisé dans le monde entier grâce à :

- Ses algorithmes de calcul les plus avancés.
- Son interface graphique conviviale et intuitive.
- Aux possibilités de relations avec d'autres logiciels d'application.
- A l'existence d'une liste d'utilisateurs, lieu de communications et d'échanges logiciel

I.8.Choix des logiciels utilisés pour notre étude

Devant cette multitude de logiciels de modélisation utilisés dans le monde, nous avons opté L'EPANET. Notre choix était basé principalement sur la disponibilité gratuite de ce logiciel, notre objectif de comparer et analyser les résultats obtenus à l'aide d'un logiciel pratique et efficace souvent utilisé dans les mémoires de recherche qui est EPANET pour ses spécificités de son modèle mathématique.

I.8.1Présentation générale de l'outil Epanet 2.0

EPANET version 2.00 est un logiciel de simulation du comportement des systèmes hydrauliques tant sur le plan technique que qualité de l'eau [9]. C'est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. Il calcule les débits, les vitesses, les pertes de charge dans les canalisations et les pressions aux nœuds pour des états fixes de niveau des châteaux d'eau ou des bâches en fonction de la demande et par le biais d'une succession de points dans le temps. Ces calculs sont réalisés par équilibrage hydraulique du réseau, et nécessitent par conséquent l'utilisation d'une technique itérative pour résoudre les équations non linéaires engagées. EPANET utilise à cet effet « l'algorithme gradient » pour atteindre ce but : à chaque itération,

les nouvelles valeurs de ces différents paramètres sont obtenues en résolvant l'équation matricielle suivante :

$$A \times H = F$$

Equation matricielle utilisée pour l'équilibrage hydraulique du réseau sur EPANET

Avec : A est une matrice jacobéenne (N*N)

H est un vecteur (Nx1) représentant inconnues aux nœuds

F un vecteur (Nx1) contenant les termes du côté droit, dus au déséquilibre de flux en un nœud et à un facteur de correction. [10]

I.8.2.Potentialités du logiciel :

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 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 re-chloration (ou autres retraitements) en réseau,
- planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

Disponible sous Windows, EPANET fournit un environnement intégré pour l'édition de données de réseau, pour l'exécution de simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour l'affichage des résultats sous plusieurs formats (des cartes avec des codes couleurs, des tableaux et des graphiques). [9]

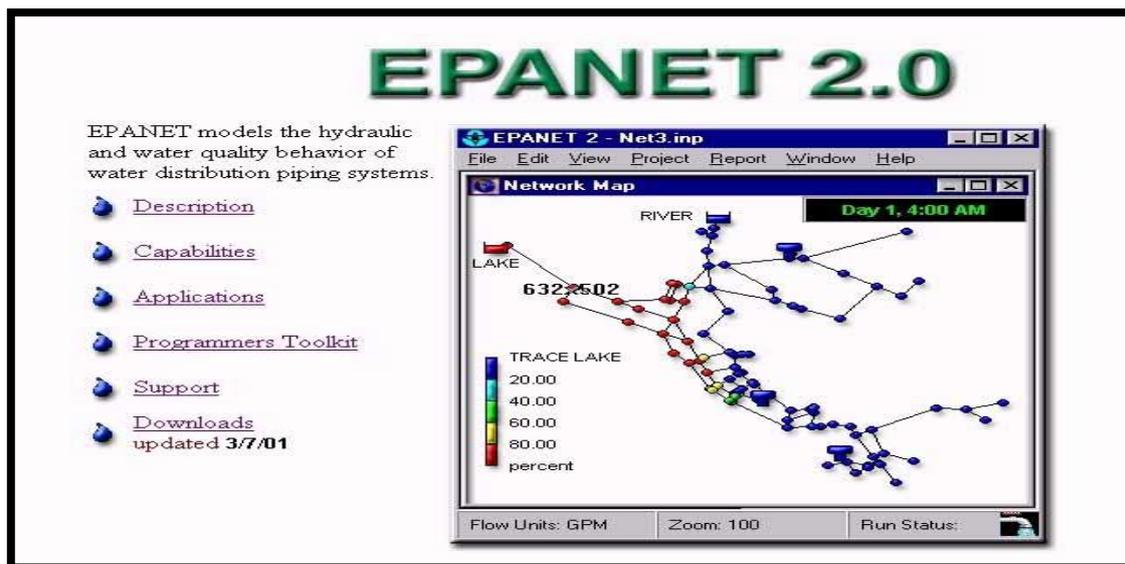


Figure I-3: Model de réseau simulé par Epanet

I.8.3 Capacité de modélisation hydraulique :

Une modélisation hydraulique scrupuleuse et complète est la première condition pour pouvoir modéliser la qualité de l'eau de manière efficace. 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 Chézy-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 antiretours, de 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. [10]

I.8.4. Principes hydrauliques régissant les calculs du logiciel :

I.8.4.1. Les lois de base du calcul :

Les lois 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 quel que soit le nombre d'entrées et de sorties dans ce nœud.

La loi des mailles dit, quant à elle, que la différence de charges H (égale à la somme de la pression et de la côte au sol au point considéré) entre deux nœuds est égale à la perte de charge entre ces nœuds (voir figure 4 ci-dessous).

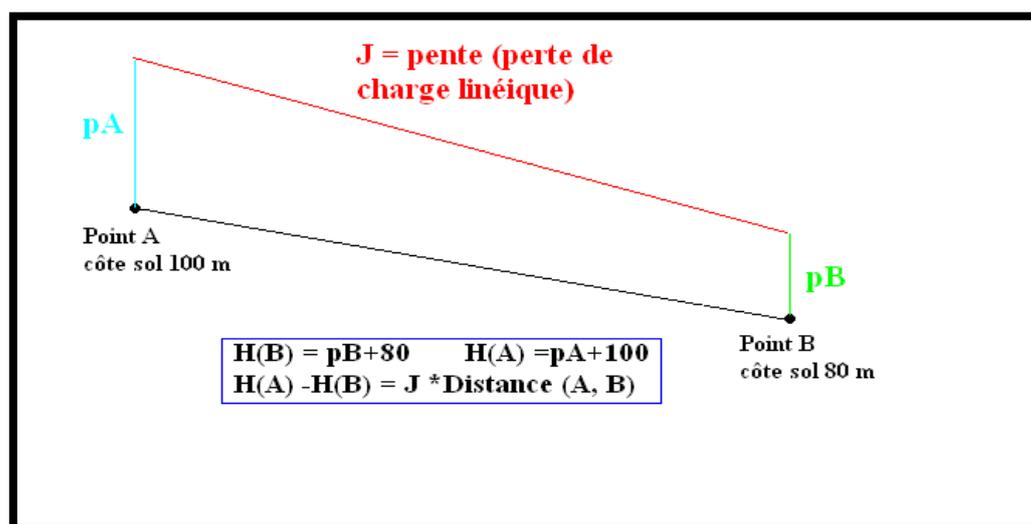


Figure I-4 : Schéma illustratif de la loi des mailles dans un réseau d'eau potable

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 permet 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 un potentiel de charge moins important. 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. [11]

I.8.5. Le calcul des pertes de charges :

I.8.5.1. Le calcul des pertes de charge linéaires :

Le calcul des pertes de charges linéaires sur le logiciel peut se faire par le biais de trois formules différentes (Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Chezy-Manning). La formule de Hazen-Williams est fortement utilisée aux Etats-Unis et présente la particularité de n'être utilisable que pour l'eau et de n'avoir été développée à la base que pour les écoulements turbulents. La formule de Chezy-Manning est plus souvent utilisée pour les canaux à découvert et pour les grands diamètres. J'ai choisi d'utiliser la formule de Darcy Weisbach qui est la plus utilisée en Europe et qui traite les écoulements de tout type et pour tout liquide. Les trois formules utilisent l'équation suivante pour calculer les pertes de charge dans chaque tronçon. :

$$h = A q^B$$
$$H_L = R Q^n$$

Avec :

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

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

$$A = 0,0827 * \lambda * d * q^2 * d^{-5} * L$$

Avec :

L longueur en **m** du tronçon, **d** diamètre du tuyau en **m**, **q** débit en **m³/s** et **λ** : coefficient des pertes charges linéaire.

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 PEHD) et avec l'âge de la canalisation .

I.8.5.2 Le calcul des pertes de charges singulières :

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

$$H = \xi v^2 / 2g$$

Avec :

v vitesses 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. [12]

I.8.6. Les étapes de l'utilisation de l'Epanet [9]:

➤ Configuration d'un Nouveau Projet :

La première étape consiste à créer un nouveau projet dans EPANET et de s'assurer que les options sélectionnées par défaut sont correctes. Pour commencer, démarrez EPANET ou s'il est déjà ouvert choisissez **Fichier >> Nouveau** (de la Barre de Menu) pour créer un nouveau projet. Puis choisissez **Projet >> Par Défaut** pour ouvrir la boîte de dialogue représentée dans la figure I-5. Nous emploierons cette boîte de dialogue pour qu'EPANET numérote automatiquement les nouveaux objets avec des nombres consécutifs à partir de 1 au fur et à mesure qu'ils sont ajoutés au réseau.

L'environnement de travail de base d'EPANET est affiché dans la figure ci-dessous. Les éléments d'interface sont : une **Barre de Menu**, deux **Barres d'Outils**, une **Barre d'État**, une **fenêtre du Schéma du Réseau**, une **fenêtre de Navigateur**, et une **fenêtre d'Éditeur des Propriétés**. [10]

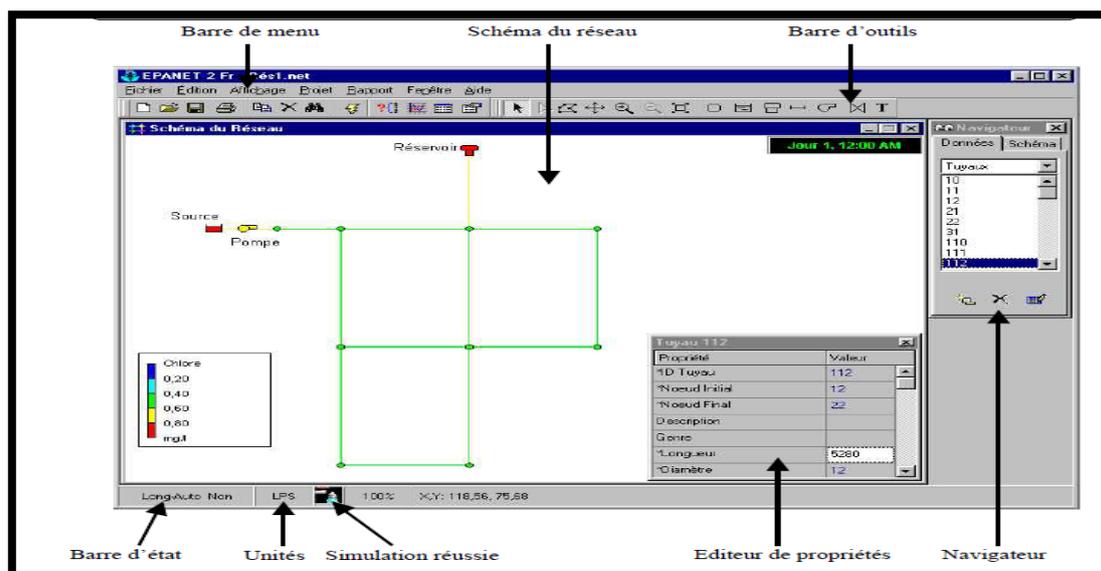


Figure I-5 : Présentation de l'écran

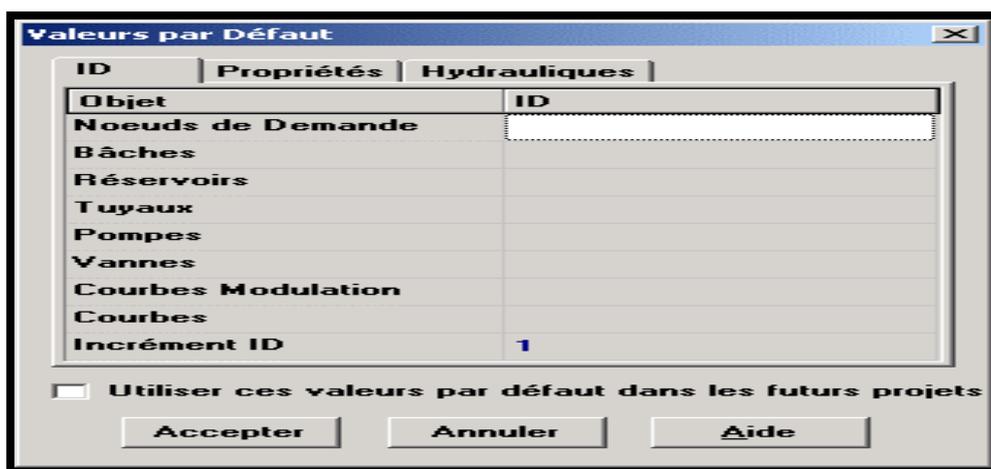


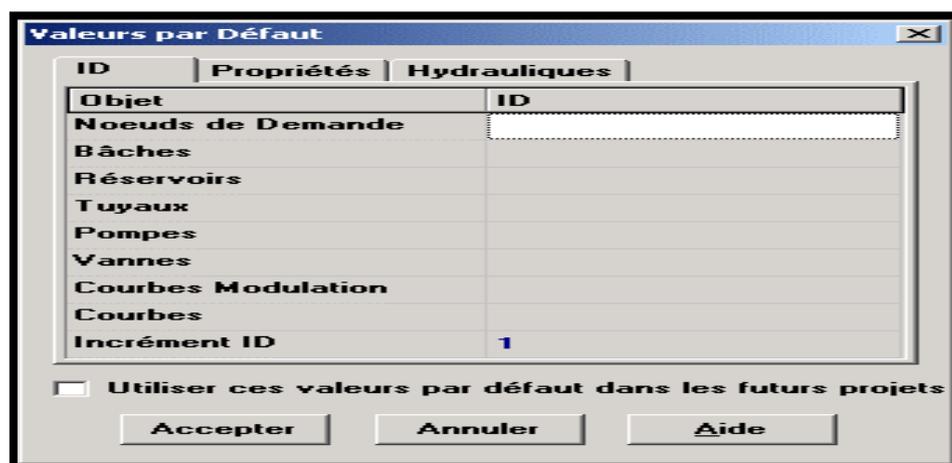
Figure II-6 : Présentation de l'écran

Sous la rubrique ID (Étiquettes d'Identification) de la boîte de dialogue, effacez tous les champs de préfixe ID et choisissez 1 comme Incrément ID.

Ensuite, choisissez la rubrique Hydrauliques de la boîte de dialogue et sélectionnez comme Unités de Débit **LPS** (litres par seconde).

Ceci implique dans ce cas que les unités métriques **SI** seront utilisées pour toutes les autres quantités (longueurs en mètres, diamètres en millimètres, pressions en mètres, etc...).

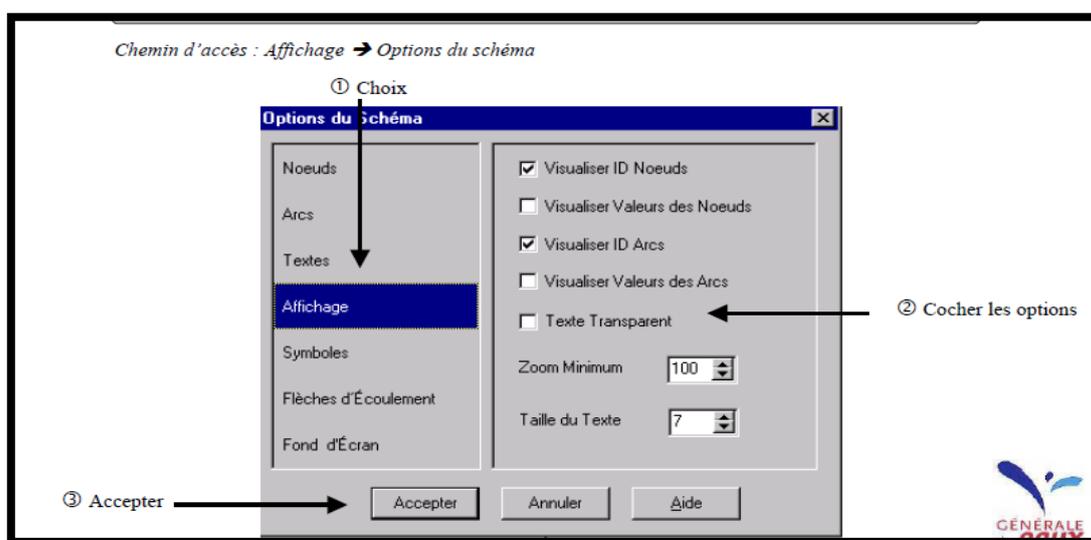
Sélectionnez aussi **Darcy-Weisbach (D-W)** comme Formule pour les Pertes de charge. Si vous désirez sauvegarder cette configuration pour les projets futurs, vous pouvez cocher la case Utiliser ces valeurs par défaut dans les futurs projets en bas de la rubrique avant de valider en cliquant sur **Accepter**. [10]



FigureI-7 : Boite de dialogue valeurs par défauts

Ce choix d'unité de débit et de formule de perte de charge est réalisé par défaut dans la version française. Tout autre choix par défaut est possible selon les instructions mentionnées ci-dessus. Ensuite, nous choisirons les options d'affichage du schéma de sorte qu'en ajoutant des objets au schéma, leurs étiquettes d'identification et leurs symboles soient affichés.

Choisissez **Affichage >>Options du Schéma** dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue Options du Schéma. Choisissez la rubrique Affichage et cochez les cases comme représentées dans la figure ci-dessous :



FigureI-8 : Boîte de Dialogue Options du Schéma

Ensuite cochez toutes les cases de la rubrique Symboles. Cliquez enfin sur le bouton **Accepter** pour confirmer votre choix et fermer la boîte de dialogue.

Pour terminer, nous devons nous assurer que l'échelle du schéma est acceptable avant de dessiner notre réseau. Choisissez **Affichage >>Dimensions**. Dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue Dimensions du Schéma, et observez les dimensions par défaut assignées au nouveau projet. Comme nous supposons que cette configuration est suffisante pour cet exemple, vous pouvez cliquer sur le bouton **Accepter**.

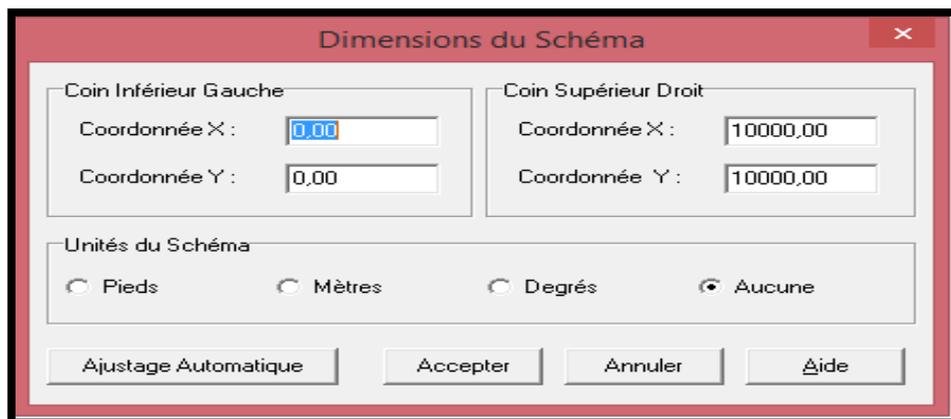


Figure I-9 : Boîte de Dialogue Dimensions

A mesure qu'on ajoute des objets à un projet, EPANET leur assigne un ensemble de propriétés par défaut. Pour modifier la valeur d'une propriété particulière d'un objet, il faut sélectionner cet objet dans l'Éditeur de Propriétés. Il y a plusieurs manières d'y parvenir. Si l'éditeur est déjà visible, vous pouvez simplement cliquer sur l'objet ou le sélectionner dans le Navigateur des Données. Si l'éditeur n'est pas visible, vous pouvez le faire apparaître d'une des manières suivantes :

- Double-cliquez sur l'objet dans le schéma.
- Cliquez sur l'objet avec le bouton droit de la souris et choisissez **Propriétés** dans le menu contextuel qui apparaît.
- Sélectionnez l'objet dans le Navigateur des Données et cliquez ensuite sur le bouton Édition (ou double cliquez sur l'objet).

Lorsque l'éditeur de propriétés est sélectionné vous pouvez taper sur la touche.

F1 pour obtenir une description plus complète des propriétés énumérées.[10]

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

FigureI-10 : L'éditeur de Propriétés

Commençons à renseigner les propriétés en choisissant le nœud 2 dans l'éditeur des propriétés comme affiché ci-dessus. Nous allons saisir l'Altitude et la **Demande de Base pour ce nœud**.

Après on ajoute un réservoir avec les données suivantes :

Propriété	Valeur
*ID Réservoir	R1
Coordonnée X	7768,31
Coordonnée Y	7853,49
Description	
Genre	
*Altitude du Radier	0
*Niveau Initial	2
*Niveau Minimal	0
*Niveau Maximal	4
*Diamètre	20
Volume Minimal	
Courbe de Volume	
Modèle de Mélange	Parfait
Fraction de Mélange	

Figure I-11 : Propriétés du réservoir

Pour la pompe, nous devons lui donner une courbe caractéristique (la hauteur manométrique totale en fonction du débit).

Propriété	Valeur
*ID Pompe	10
*Nœud d'Aspiration	1
*Nœud de Décharge	2
Description	
Genre	
Courbe Caractéristique	manic
Puissance Nominale	
Vitesse Relative	
Courbe Modul. Vitesse	
État Initial	Marche
Courbe Rendement	Manic
Prix de l'Énergie	Arrêté
Courbe Modul. Prix	
Débit	73.00
Hauteur H	-45.76
Qualité	100.00
État	Ouvert

À renseigner obligatoirement

Choix

A saisir

Chemin d'accès : dans le navigateur *Données*, sélectionnez *Courbes* et cliquez sur

ID Courbe	Description
manic	3 pompes identiques au dessus de la manie

Type de Courbe: CARACTERISTIQUE

Equation: Hauteur = 70.24 - 2.64E-10 (D ébk) 5.60

VOLUME	RENDEMENT	PERTE CHARGE
75	62	
100	29	



Accepter

Figure-12 : Courbe caractéristique de la pompe

Sélectionnez la pompe (Arc 9) dans l'éditeur des propriétés et introduisez l'étiquette d'identification 1 dans le champ de Courbe Caractéristique de la Pompe. Ensuite nous allons créer la courbe caractéristique de la pompe 1. Sélectionnez Courbes dans le menu déroulant du Navigateur des Données, et cliquez sur le bouton Ajouter . Une nouvelle courbe est alors ajoutée à la base de données, avec l'Étiquette 1, et la fenêtre de l'Éditeur de Courbe apparaîtra.

Applicable à un projet ou par défaut Choix des unités de débit Projet Par défaut...

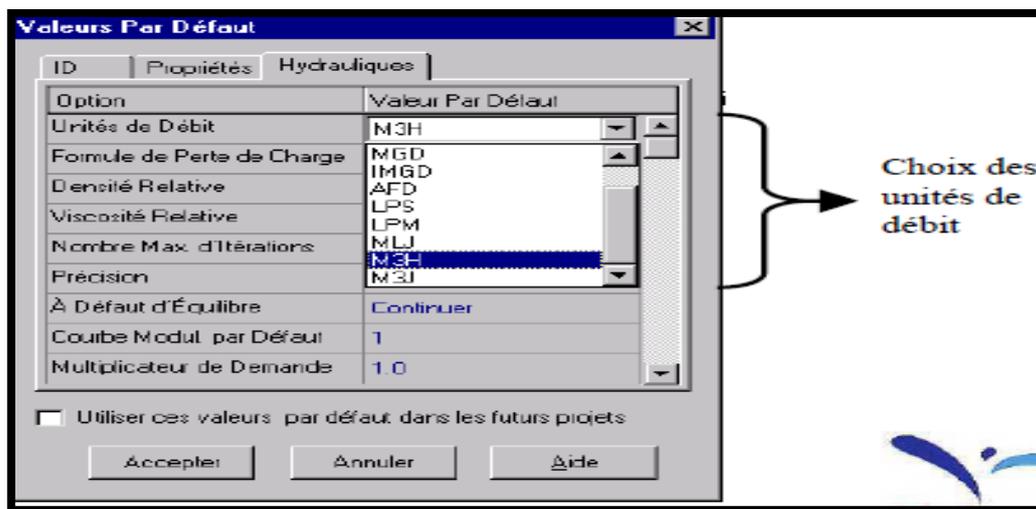


Figure I-13 : Paramètres de calcul

Maintenant nous avons maintenant assez d'information pour exécuter une simulation hydraulique d'écoulement permanent (ou bien pour un instant déterminé) sur notre exemple de réseau.

Pour exécuter la simulation, choisissez Projet >> Lancer la simulation ou cliquez sur le bouton lancer la simulation  de la barre standard. (Si la barre standard n'est pas visible sélectionnez Affichage >> Barres d'Outils >> Standard de la Barre de Menu).

Si le calcul n'a pas réussi un rapport d'état apparaît indiquant le problème. Si le calcul a été effectué avec succès vous pouvez visualiser les résultats de différentes manières.

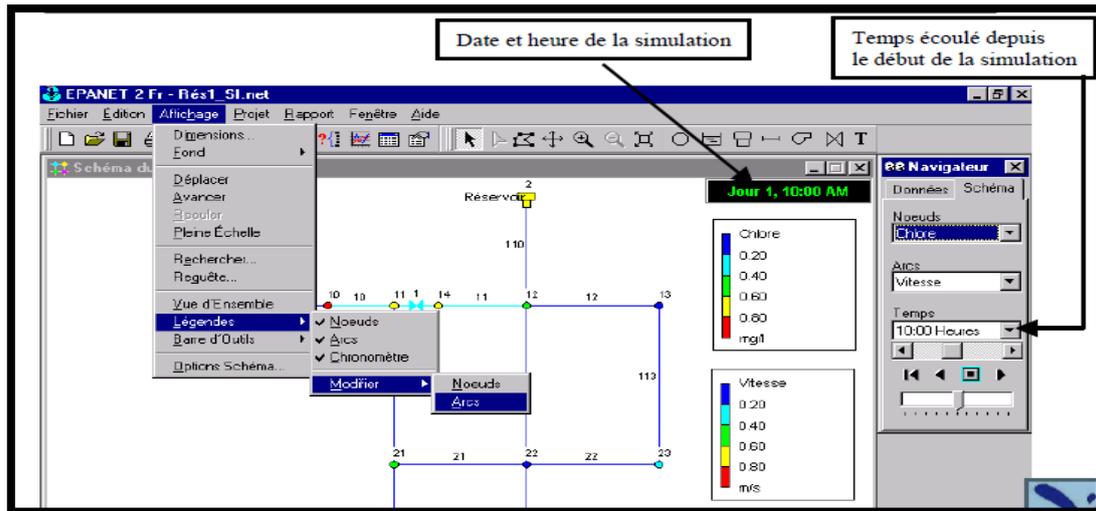


Figure I-14 : Schéma du réseau

Pour évaluer la qualité du chlore on procède au Choix des paramètres :

Saisir « Chlore » ou utiliser le menu déroulant :

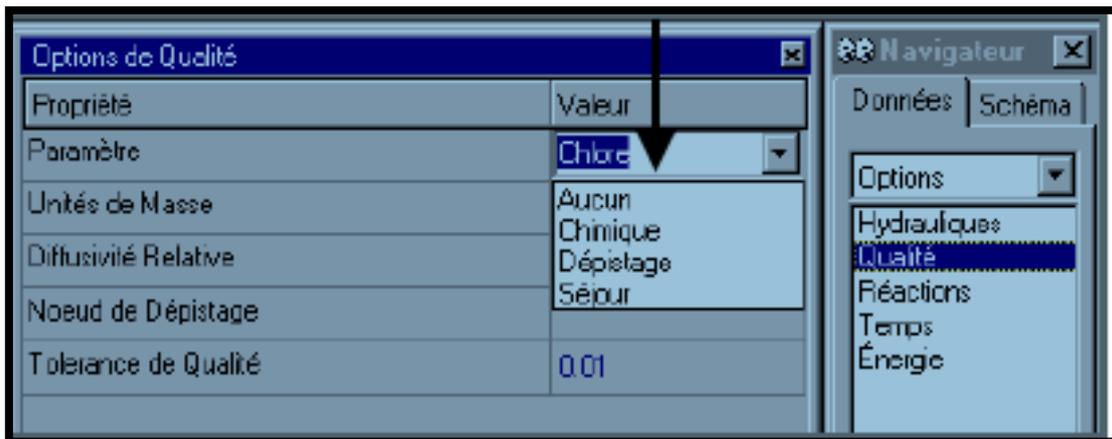


Figure I-15 : Evolution du chlore

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté la modélisation des réseaux d'eaux potable du point de vue théorique tout en utilisant les équations régissent les lois hydrauliques d'où l'utilisation du logiciel Epanet en tant qu'outil de modélisation des réseaux dans notre étude. Un rappel général portant sur l'alimentation en eau potable sera présenté dans notre prochain chapitre.

Rappel général sur l'alimentation en eau potable :

II.1. Introduction :

L'alimentation en eau potable (A.E.P) est le fonctionnement d'un ensemble d'équipements, des services et des actions qui permettent, en partant d'une eau brute, de produire une eau conforme aux normes de potabilité en vigueur, distribuée ensuite aux consommateurs. En matière d'eau potable, la mission essentielle de la collectivité locale est de garantir une desserte satisfaisante de tous les usagers avec les quatre objectifs suivants :

- **Qualité** : elle ne doit pas nuire à la santé du consommateur. Elle doit être conforme à la réglementation sanitaire.
- **Quantité** : l'utilisateur doit disposer d'une quantité d'eau suffisante pour couvrir ses besoins dans un souci permanent de maîtrise de la consommation et de lutte contre le gaspillage.
- **Continuité du service** : Le service de distribution doit être assuré 24 heures sur 24
- **Pression** : La pression ni trop forte ni trop faible, doit garantir un confort d'utilisation à l'utilisateur. [13]

A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau maillé, ramifié ou mixte. Dans ce chapitre, nous présenterons les différents maillons constituant un réseau d'Alimentation en Eau Potable (A.E.P), pour pallier aux différents problèmes pouvant être rencontrés dans un tel réseau et les différentes méthodes de réhabilitation.

II.2. Description d'un réseau AEP :

Un réseau d'A.E.P constitue l'ensemble des infrastructures et structures dont dispose l'ingénieur pour transporter l'eau depuis la source jusqu'au consommateur. Un réseau d'eau potable doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales, dysfonctionnement minimaux). Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant une chaîne composée de quatre maillons principaux voir l'illustration de la (figure II.1) :

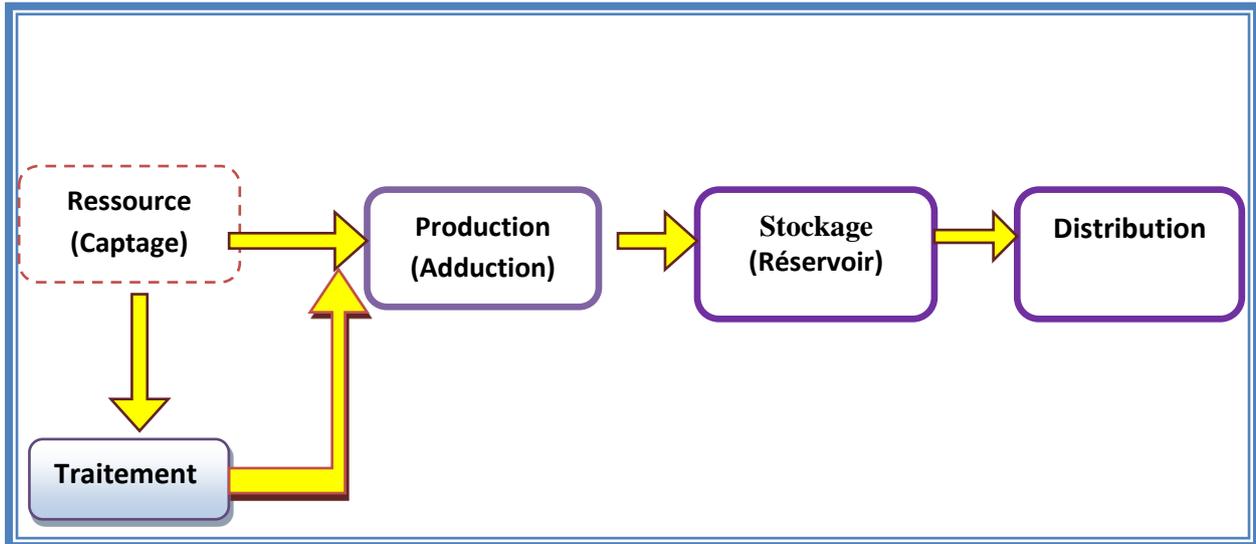


Figure II-1 : Schéma général d'un réseau d'A.E.P.

L'incorporation ou nom du maillon traitement dépend de la qualité de la source.

L'organisation structurelle du système d'A.E.P est représentée par une décomposition descendante donnée sur la figure ci-dessous

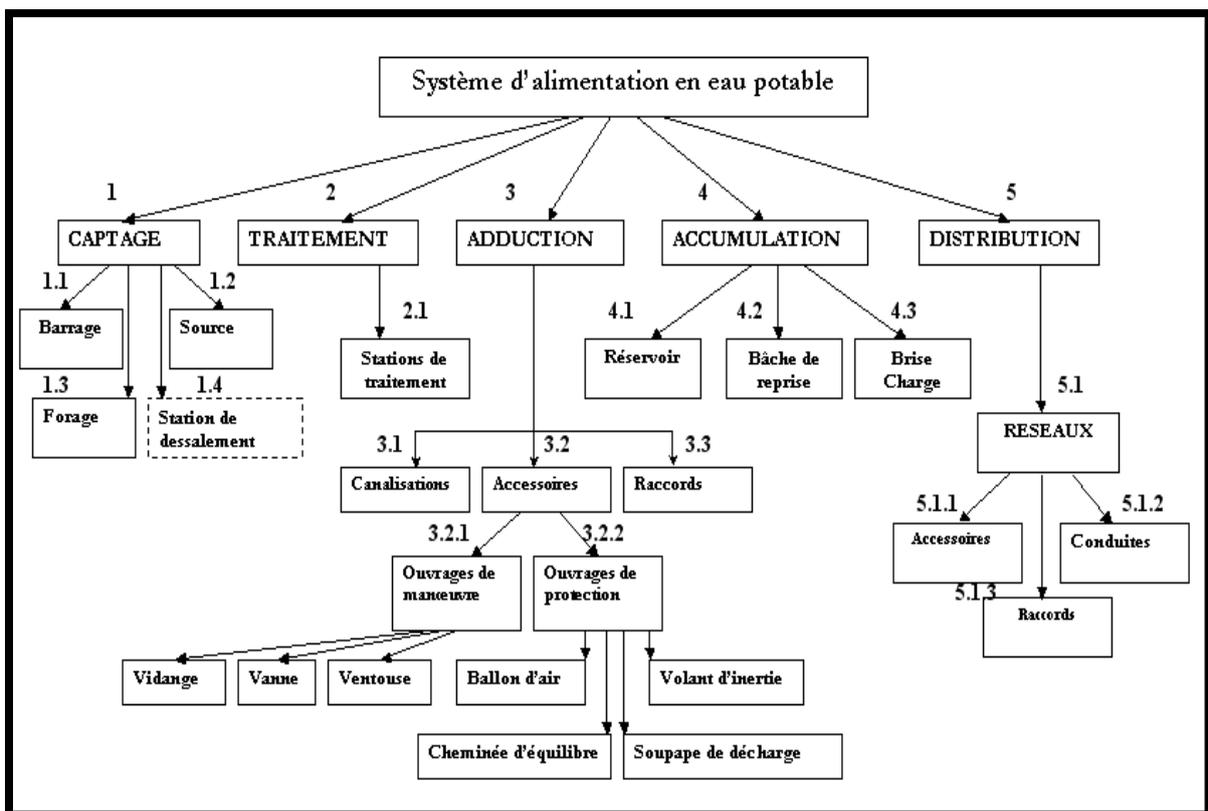


Figure II-2 : Organisation structurelle d'un système d'A.E.P (Abdel Baki et al. 2012)

Avant de détailler le réseau de distribution, sur lequel va porter notre étude, nous allons d'abord décrire brièvement les autres maillons.

II.2.1. Maillon ressource :

La ressource est une structure permettant le captage de l'eau. La prise d'eau se fait habituellement par un captage d'eau de surface (rivière, lac, barrage, etc.). En l'absence d'une telle source, ou lorsque l'eau de surface est trop polluée, on procède au captage d'eau souterraine (forage, puits, galeries, sources, ...).

II.2.2. Maillon production – adduction :

Ce maillon est un ensemble constitué d'une station de pompage et d'un dispositif d'adduction (conduite et accessoires).

II.2.2.1. La station de pompage :

C'est le dispositif de production. Sa capacité est fonction du ou des réservoirs de stockage. Elle est constituée des ouvrages et des équipements suivants :

- Bâche d'aspiration.
- Chambre de télé-contrôle et d'automatisation.
- Groupes électropompes.
- Autres équipements en amont et en aval des pompes (vannes, clapets, manomètres, etc.).

On remarque l'existence de plusieurs pompes. Ceci permettra d'un côté, de minimiser la consommation de l'énergie électrique, car le débit produit est réparti sur l'ensemble des pompes, et de l'autre côté, d'assurer la continuité du service en cas de panne de l'une d'elles.

II.2.2.2. Le dispositif d'adduction :

La conduite d'adduction relie la prise d'eau au réservoir de stockage. C'est une conduite d'un gros diamètre car elle est destinée à transporter un débit très important. Pour faire face aux contraintes imposées par le terrain et le relief, on doit accompagner la conduite d'adduction par divers ouvrages :

- Ventouses aux points hauts du tracé pour l'évacuation d'air,
- Vidanges aux points bas du tracé,
- Brises charge pour éviter la surpression et la sous-pression dans la conduite.
- Plusieurs types de dispositifs sont utilisés:
- Volants d'inertie.

- Soupapes de décharge %.
- Réservoirs d'air.
- Cheminées d'équilibre.
- Ouvrages de protection contre la corrosion de la conduite.

II.2.3. Le maillon traitement :

Le traitement de l'eau brute se passe généralement en trois étapes :

- La clarification : il s'agit de débarrasser l'eau des particules colloïdales en utilisant un massif filtrant.
- La stérilisation : son objectif est de rendre l'eau bactériologiquement pure. Pour ceci, on utilise des oxydants tels que le chlore et l'ozone.
- L'affinage : permet d'éliminer les micropolluants (corps dissous).

II.2.4. Le maillon stockage :

Le réservoir de stockage est un bassin qui se remplit au cours des faibles consommations et qui se vide pendant les périodes de fortes consommations journalières. Le réservoir présente deux utilités (technique et économique) par les multiples fonctions qu'il remplit :

• **Fonctions techniques** : il permet :

- La régulation du débit pour tous les ouvrages qui se situent en amont et en aval de lui.
- La régulation de la pression dans le réseau de distribution.
- L'assurance de la continuité de l'approvisionnement en cas de panne dans les ouvrages situés dans la partie amont.
- La participation au traitement (utilisation de réactifs).

• **Fonctions économiques** : il permet :

- La réduction des investissements sur tous les autres ouvrages du réseau d'A.E.P.
- La réduction des coûts de l'énergie.

La capacité d'un réservoir dépend du mode d'exploitation des ouvrages de la partie amont et de la variabilité de la demande.

Pour l'emplacement d'un réservoir, selon que l'agglomération est située en plaine ou en terrain accidenté, il peut être soit enterré, soit semi-enterré, soit surélevé.

II.2.5. Le réseau de distribution

II.2.5.1. Définition :

Du réservoir de stockage sort une conduite principale de gros diamètre. Celle-ci, en se prolongeant le long des rues de l'agglomération forme un ensemble de conduites maîtresses. Sur chacune de ces dernières, sont branchées des conduites de diamètres moindres dites conduites secondaires, tertiaires, etc.

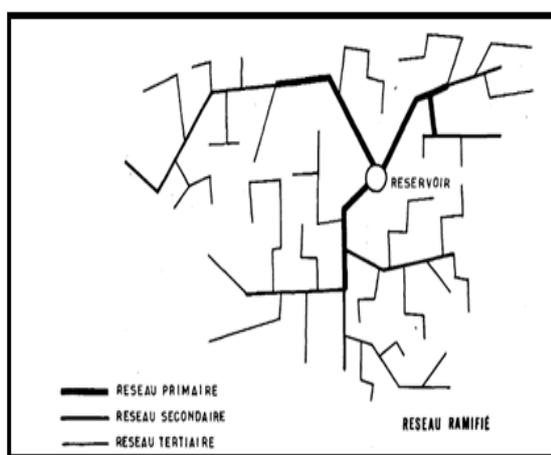
L'ensemble de toutes ces différentes canalisations avec l'ensemble des équipements qui les accompagnent forment le réseau de distribution. C'est l'infrastructure la plus importante du réseau global, car il s'étend sur toute la surface de l'agglomération.

II.2.5.2. Ossature du réseau :

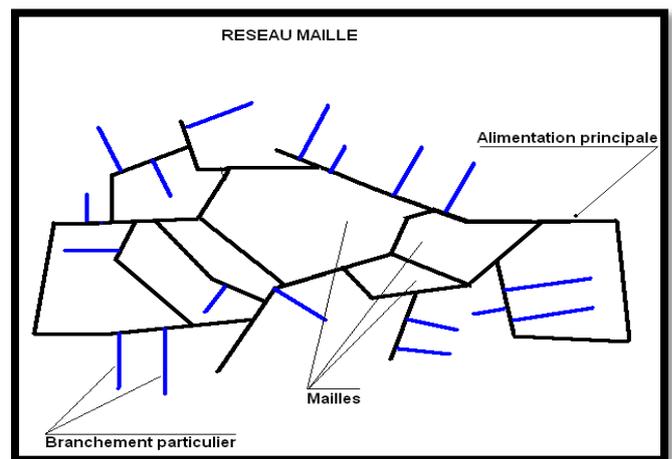
L'ossature du réseau dépend de la configuration de l'agglomération. Deux géométries de réseau sont possibles : réseau ramifié ou réseau maillé.

- **Le réseau ramifié :** il est appelé ainsi car il possède typologiquement une structure d'arbre. Pour ce type de réseau, à partir d'une conduite centrale, on met en relation plusieurs canalisations secondaires, tertiaires, ...etc. jusqu'à chaque compteur individuel. Un tel système présente un grave défaut ; dans une conduite donnée, l'eau circule toujours dans le même sens. Donc, une panne dans la conduite entraîne la perte de service pour tous les usagers situés en aval.

- **Le réseau maillé :** ce type de réseau est constitué de boucles. Le sens de l'écoulement varie fréquemment selon la demande de certaines conduites. En effet, le nombre d'abonnés non desservis en cas de panne ou de réparation est réduit au maximum puisque l'eau peut atteindre un même point par plusieurs chemins. L'autre intérêt est que la vitesse d'écoulement de l'eau est rarement nulle, ce qui offre l'avantage de maintenir la bonne qualité de l'eau distribuée



Réseau ramifié



Réseau maillé

Figure II-3 : Schéma général d'un réseau de distribution (R : Réservoir)

II.2.5.3. Éléments constitutifs d'un réseau de distribution d'eau potable :

II.2.5.3.1. Les matériaux des canalisations :

Trois considérations sont essentielles pour le choix du matériau des canalisations :

- la sécurité de service.
- la longévité.
- le facteur économique.

Pour les conduites maîtresses, les matériaux les mieux adaptés sont la fonte ductile, le béton armé et l'acier, par contre, pour les conduites secondaires, on choisit des tuyaux en acier, polyéthylène et le PVC à joints flexibles.

II.2.5.3.2. Les joints :

Ils ont pour fonction d'assurer l'étanchéité des jointures des tuyaux et faire face aux sollicitations mécaniques et chimiques. Pour cela, ils doivent épouser parfaitement la loge qui leur est destinée.

Les joints constituent la partie la plus fragile de la canalisation à cause de leur souplesse ; tout mouvement du tuyau s'articule sur le joint, ce qui provoque en lui des usures mécaniques. L'action des produits chlorés de l'eau et le dessèchement induisent le vieillissement des joints.

Il existe trois principaux types de joints : mécaniques, à emboîtement et à bride. Les joints mécaniques ou à emboîtement sont utilisés pour relier les conduites enfouies dans le sol, alors que les joints à bride sont utilisés pour raccorder des tronçons à l'intérieur des constructions (station de pompage, station de traitement, etc.).

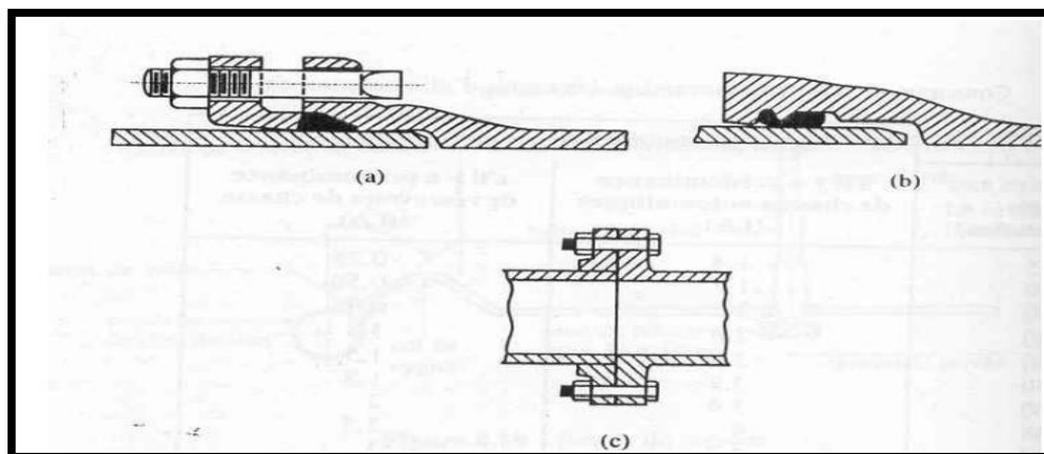


Figure II-4 : Différents types de joints : a) mécanique, b) à emboîtement, c) à bride

II.2.5.3.3. Les vannes :

Elles permettent de maîtriser les écoulements dans le réseau, donc de mieux gérer celui-ci. Il existe plusieurs types de vannes qui satisfont à des besoins variés :

- **Les vannes d'isolement** : permettent d'isoler certains tronçons qu'on veut inspecter, réparer ou entretenir. On distingue deux types : les robinets à papillon pour les conduites de gros diamètres et les robinets-vannes pour les conduites de petits diamètres.
- **Les vannes à clapets de non-retour** : permettent de diriger l'écoulement dans un seul sens. Elles sont installées sur les conduites de refoulement.
- **Les vannes de réduction de pression** : permettent de réduire la pression à une valeur prédéterminée.

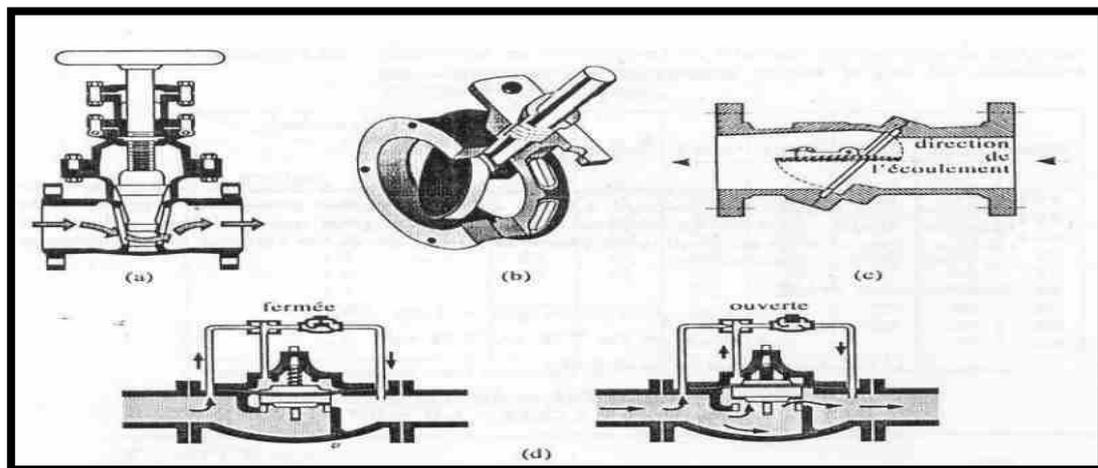


Figure II-5 : Différents type de vannes : a) robinet-vanne b) robinet à papillon c) vanne à clapet de non-retour d) vanne de réduction de pression

II.2.5.3.4. Les ventouses :

On installe des ventouses aux points élevés du réseau. Elles permettent d'un côté, de faire évacuer les quantités d'air qui s'y accumulent à la suite, par exemple, du dégazage de l'oxygène dissous, et de l'autre côté, de faire pénétrer l'air lorsqu'un vide se crée dans une conduite et évitent la création de pressions négatives qui risqueraient d'entraîner l'écrasement de la conduite. Trois types de ventouses sont utilisés : ventouses pour petites quantités d'air, ventouses pour grandes quantités d'air et ventouses universelles.

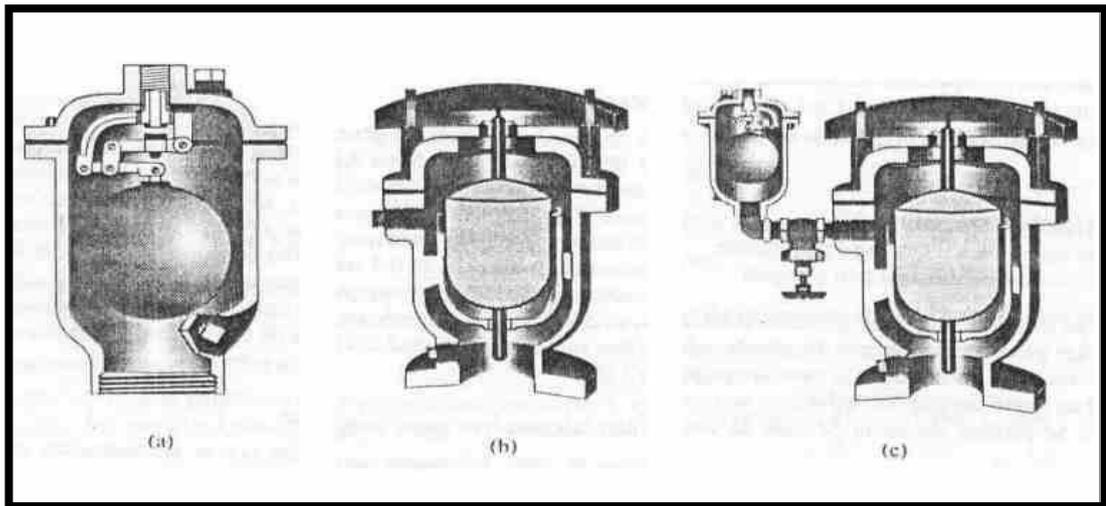


Figure II-6 : Types de ventouses : a) ventouse à petites quantités d'air b) ventouse à grandes quantités d'air c) ventouse universelle

II.2.5.3.5. La décharge :

Une décharge est un robinet placé au point bas de la canalisation pour en permettre la vidange, l'évacuation s'effectue à l'égout le plus voisin ou si le point bas se trouve hors de la ville, dans le fossé le plus proche. Ce robinet sera placé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie et doit être facilement accessible.

II.2.5.3.6. Les poteaux d'incendie :

Ils permettent de fournir aux pompiers l'eau dont ils ont besoin pour combattre les incendies. Ils sont reliés aux conduites du réseau par des conduites de raccordement dotées d'une vanne d'isolement. Un poteau d'incendie doit comporter au moins deux prises latérales de 65 mm de diamètre et une conduite de 100 mm de diamètre si le débit excède 5000 l/mn ou la pression si est faible.

La superficie desservie par un poteau d'incendie dépend du débit nécessaire pour combattre les incendies ; plus le débit est élevé, plus les poteaux sont nombreux et rapprochés.

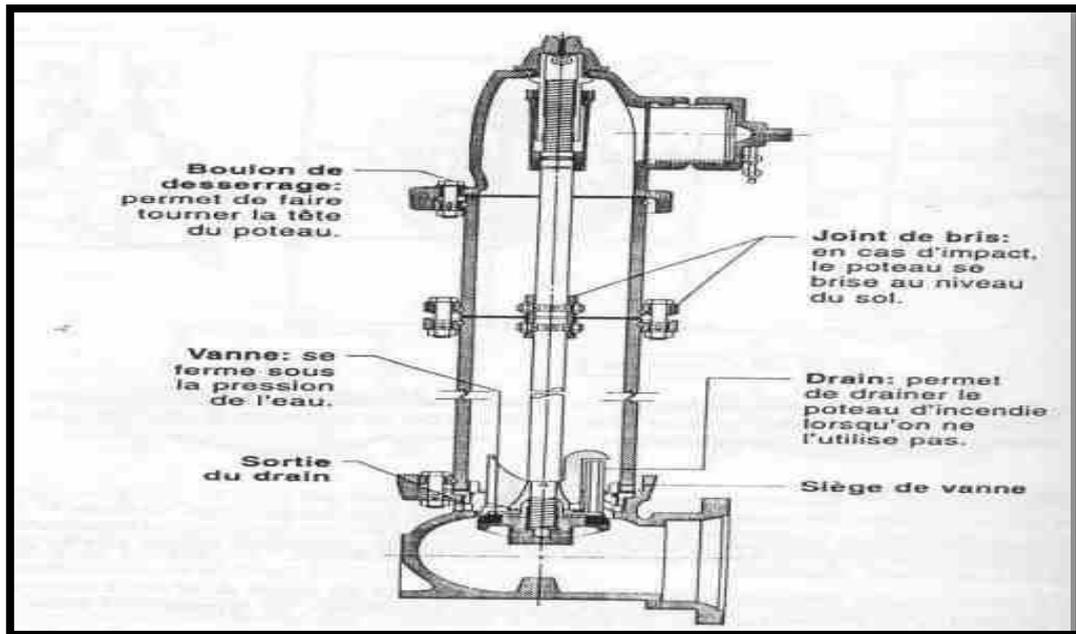


Figure II-7 : Poteau d'incendie

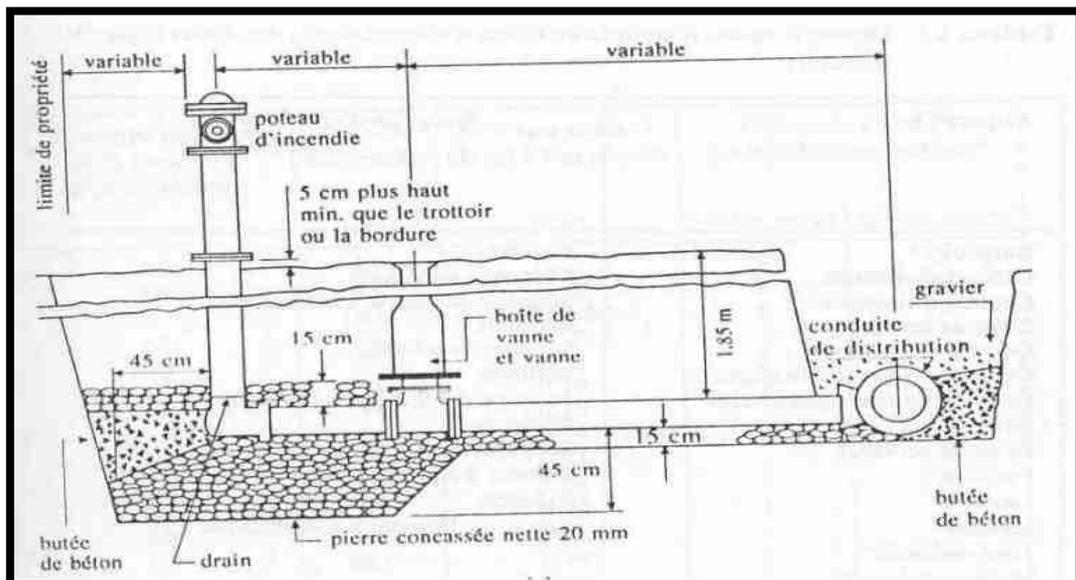


Figure II-8 : Installation d'un poteau d'incendie vue en coupe

II.2.5.4. La pression dans le réseau :

Le réseau doit être calculé de telle sorte que l'eau parvienne aux consommateurs avec une pression minimale. L'eau doit en effet atteindre les étages supérieurs des habitations et

permettre l'utilisation efficace des appareils ménagers (chauffe-bain, machine à laver). Une pression minimale de 150 kpa est alors recommandée.

En vue de la bonne tenue des canalisations, et notamment de leurs joints, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à 500 kpa qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures des abonnés. [13]

II.3. Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E. P :

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E. P ; des 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, les interruptions. 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 en trois grandes catégories :

- Problèmes induisant les ruptures et les casses.
- Problèmes induisant les fuites.
- Problèmes induisant la dégradation de la qualité de l'eau. [14]

II.3.1. Problème de gestion des réseaux d'A.E. P en Algérie :

Les problèmes de gestion des réseaux algériens sont très divers :

- Méconnaissance des besoins en eau des populations.
- Entretien quasi-nul des canalisations et de leurs accessoires.
- Coupures d'eau fréquentes.
- 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. [14]

Conclusion :

Dans ce chapitre, une description d'une manière générale du cadastre d'un réseau d'alimentation en eau potable a été effectuée ainsi que les différents problèmes pouvant survenir dans un tel réseau. Aussi, nous avons présenté la chaîne des différents infrastructures permettant l'alimentation en eau potable depuis la source à l'utilisateur est le transport de l'eau depuis les zones de captage (sources, forage, puits, barrage, ...etc.) jusqu'au point de stockage ou de distribution [15]. Pour qu'un réseau travaille dans les meilleures conditions des exigences sont nécessaires dans les caractéristiques géométriques et physiques des conduites. Le détail de ces problèmes sera l'objet du chapitre suivant.

Présentation de la zone d'étude :

Introduction :

L'étude du milieu physique est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques de la zone d'étude et les facteurs qui influent sur la conception d'un projet d'AEP. Parmi ces facteurs nous citons : les données relatives à l'agglomération, la ressource, les données propres au réseau d'alimentation en eau potable ainsi que la connaissance de la géographie et la topographie du site qui nous permettront de prendre la disposition nécessaire lors de la réalisation des travaux. Nous allons d'abord commencer par mentionner sa situation géographique suivie de la définition de l'aire d'étude, sa climatologie, ses capacités hydrauliques et ensuite un diagnostic.

III.1.Situation générale :

Annaba anciennement Bône durant la période de la colonisation française et Hippone dans (l'Antiquité) est la quatrième ville d'Algérie en nombre d'habitants après la capitale Alger, Oran et Constantine. Chef-lieu de la wilaya d'Annaba, Annaba est située à 152 km au nord-est de Constantine, à 536 km à l'est de Alger et a environ 100 km à l'ouest de la frontière tunisienne, entre les latitudes 36°30' et les longitudes 7°20', Elle est également une métropole littorale dont la population dépasse 600 000 habitants. La wilaya occupe une superficie de 1412 Km², est limitée au Nord par la mer méditerranéen, l'Ouest par la wilaya Skikda, Sud par la wilaya de Guelma, l'Est par la wilaya d'El Taref la ville est répartie en 12 communes importantes. [16]. La 7eme commune nommée El-Cheurfa fera la zone de notre étude. Elle couvre au total une superficie de 98000Ha soit 98km². “*Source DRE/Annaba*”

(Voir Figure III.1)

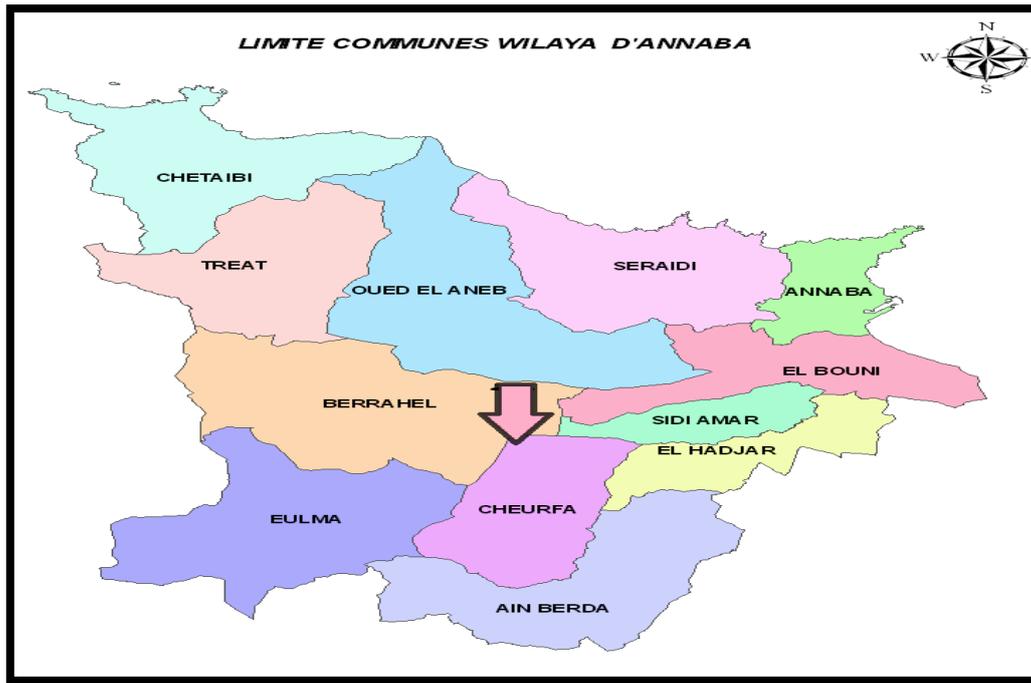


Figure III-1: carte administrative de la wilaya d'Annaba (source, Google)

III.2.Définition de l'aire d'étude :

L'aire d'étude est définie comme étant la zone incluse dans le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU), du chef-lieu de la commune d'El Cheurfa.

Cette aire abrite 2700habitants (D'après le recensement de 2018) et pour un taux d'occupation de 06 habitants par logement. Elle s'étend sur une altitude de **22m** et une latitude : **36.7206**, et une longitude : **7.55407 36° 43' 14" Nord, 7° 33' 15"**. Le Climat est méditerranéen avec un été chaud. La superficie totale de l'aire d'étude est aux alentours est de **65 hectares**.

III.4.Situation géographique de la commune de Cheurfa :

La commune d'EL-Cheurfa est parmi les cinquante-huit (58) commune incluses dans le bassin des côtiers constantinois centre. Administrativement, la commune d'El-Cheurfa, constitue l'une des dix communes de la Wilaya d'Annaba, elle est située au Sud -Ouest de ville de Annaba (Chef-lieu de la Wilaya) Elle est limitée [17] :

- **Au Nord** par la commune de Berrahal -Sidi Amar
- **Au Sud** par la commune d'AinBerda
- **A l'Est** par la commune d'Ain Berda-El Hadjar
- **A l'Ouest** par la commune d'El Eulma

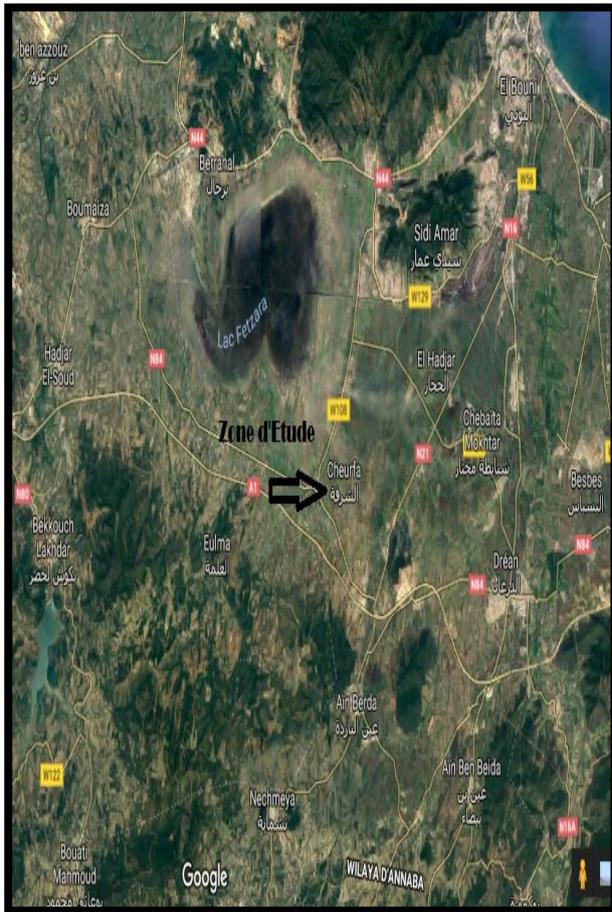


Figure III-2.a : Carte graphique de Cheurfa

Figure III-2.b : Carte satellitaire de Cheurfa

(Source, Google Earth)

La population des communes est évaluée selon :

- **El-Cheurfa : 10 227 habitants. Chef-lieu de commune :(aire d'étude) 2700 habitants recensement année 2018**
- **El Eulma : 11 608 habitants**
- Pour un total de **21 835 habitants**

Avant l'année 2007 les différentes agglomérations semi urbaines et rurales des deux communes de Cheurfa et El Eulma étaient alimentées en eau potable à partir de plusieurs puits d'un débit totalisant 10 l/s et ne disposent pas d'un réseau de distribution normalisé ni d'ouvrages de stockage satisfaisant. Depuis l'année 2007 un nouveau système de l'A.E.P du couloir de Cheurfa et El Eulma a été mis en service partir de trois forages du champ captant GUERBES (W-Skikda), produisant un volume d'eau de **4233 m³/j** soit un débit d'exploitation

total de **50 l/s** via une succession de conduites de refoulement et adduction **Ø300**, une station de pompage et des réservoirs de stockage.[17]

III.5. Evolution de la Population future et Habitation :

D'après les données fournies par le recensement actuel (l'année 2018), tiré de levé topographique, le taux d'accroissement au niveau de la localité est de 2.80% (source : Office National des Statistiques de l'Algérie).

Pour la détermination du nombre d'habitants à différents horizons de l'aire d'étude, il a été procédé à l'application de la relation des accroissements géométriques, qui s'écrit comme suit :

$$P_n = P_0 (1 + t)^n$$

Avec :

- **P_n** : Population future (à l'horizon de calcul)
- **P₀** : Population actuelle (de base). (**P₀=2700hab**)
- **t** : Taux d'accroissement (**t= 2.80%**, pour l'aire d'étude).
- **n** : Nombre d'années projetées. (**n=32ans**)

La population d'El Cheurfa, de l'année de référence **2018** est de **2700 hab.**

$$P_{50} = (1+0.028)^{32} * 2700 = 6533.46 \text{ soit } P_{50} = 6533\text{hab}$$

Le tableau N° 01, ci-après inséré, regroupe la population calculée à différents horizons (Actuel, moyen et long terme). *“Source D.R.E/Annaba”*

Etape de distribution	taux d'accroissement (%)	l'année 2018 (actuel)	Court terme (2020)	Moyen terme (2025)	Long terme (2040)	Long terme (2050)
El Cheurfa	2.80	2700	2853	3276	4957	6533

Tableau III-1 : Evolution de la population à différents horizons

On remarque dans les trois dernières colonnes, il y a une augmentation remarquable dans le nombre d'habitants. Les résultats calculés dans le tableau précédent, relatifs à l'évolution de la population à différents horizons, sont représentés dans la (figure N° 03) :

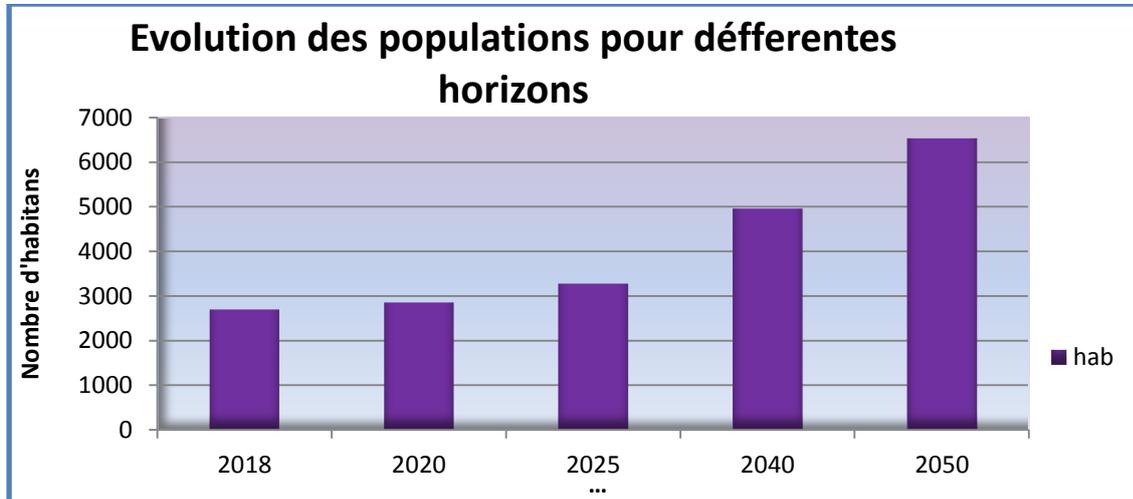


Figure III-3 : Histogrammes de l'évolution de la population à différents horizons

III.6. Choix du réseau :

Suivant la structure et l'importance de l'agglomération on distingue trois schémas des réseaux de distribution (les réseaux ramifiés, les réseaux maillés, et les réseaux mixtes « ramifiés+ maillés »). Le réseau de distribution choisi dans notre cas d'étude et le réseau mixte « maillé + ramifié » suite à des nombreux avantages qu'il procure.

- **Un réseau maillé :**

Il est constitué d'une série de tronçons disposés de telle manière qu'il soit possible de décrire une ou plusieurs boucles fermées en suivant le tracé. Contrairement au réseau ramifié, un réseau maillé assure une distribution de retour en cas de panne d'un tronçon, il présente une indétermination sur les grandeurs et les signes (sens) des débits et des pertes de charge dans chaque tronçon.

- **Le réseau ramifié :**

C'est un réseau qui est constitué par la conduite principale et des conduites secondaires (branches), c'est un réseau arborescent. Le réseau ramifié est un réseau qui n'assure aucune distribution de retour, il suffit qu'une panne se produise sur la conduite principale et que toute la population est privée d'eau.[17]

III.6.1. Choix du type de matériaux de canalisation :

Le type de matériaux proposé à l'administration, pour les rénovations et les nouvelles projections, consiste en la conduite en P.E.H.D avec des PN 10 bars au minimum .Ce choix est motivé par les critères par les suivants :

- La pression de service supportée
- La durée de vie très longue
- Une bonne résistance à l'entartrage
- Matériau non corrosif
- Présentant des bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible)
- Matériau caractérisé par une bonne adaptation sous les terrains en mouvement

III.6.2. Conception d'un réseau :

Pour concevoir un réseau de distribution, nous sommes appelés à prendre en compte un certain nombre des facteurs, qui peuvent influencer sur le réseau parmi lesquels on a :

- L'emplacement des quartiers
- L'emplacement des consommateurs
- Le relief
- Le souci d'assurer un service souple et précis

III.6.3. Description de la variante :

Le réseau est un réseau mixte. La projection commence par deux conduites principales **DN 200mm** en **PEHD** à partir d'un réservoir **2*300 m³**. Le réseau comporte quatre mailles avec des ramifications pour une meilleure alimentation des consommateurs avec le maintien d'une partie de la canalisation **DN 63 mm** en PEHD rénové récemment en 2007. La longueur totale du réseau projeté est de l'ordre **7418 ml**. La variante permettant une meilleure maîtrise et gestion des réseaux par l'A.D.E [17].

III.6.4. Fiche de diagnostic :

**Station de pompage Algérienne des eaux EX "société de l'eau et de l'assainissement
D'El Taref et Annaba"**

Les généraux :

Nom de la station de pompage : A.D.E (ExSEATA)

Chapitre 03 : Présentation de la zone d'étude

Adresse : Route El Eulma CW 89

Commune : Ain Berda

Maitre d'ouvrage : D.R.E

Exploiteur : A.D.E

Date de la visite : 3/04/2019

Accès au site

Présence d'une clôture autour de l'ouvrage : oui Non Type : En dure

Hauteur : 2m

Présence d'un portail : oui Non : fermé à clé : oui Non

Hauteur : 5m

Description des abords :

Chemin d'accès est bien aménagé : oui Non

Etat des abords : Abord en bon état

Présence du réseau électrique : oui Non

Réseau téléphonique : oui Non

Présence d'équipements à l'extérieur de la station : oui Non

Enterré sous regard

Etat général du génie civil : Extérieur Bon Moyen Mauvais

Intérieur Bon Moyen Mauvais

Sous la toiture Bon Moyen Mauvais

Enduit en mauvais état : oui : Non

Présence de fissure : oui : Non

Présence de ferrailles apparentes : oui Non

Revêtement d'étanchéité détérioré : oui Non

Absence de grille de ventilation : oui Non

Grilles de ventilation en mauvais état : oui Non

Présence d'infiltration d'eau : oui Non

Chapitre 03 : Présentation de la zone d'étude

Présence de fuite d'eau :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Présence de traces d'humidités :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Porte d'entrée en mauvais état :	oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
Absence de fermeture à clé :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Moustiquaires endommagées :	oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>
Peintures mauvais état :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Trappes en mauvais état :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Echelles en mauvais état :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Accès dangereux :	oui <input checked="" type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Présence de mouches :	oui <input type="checkbox"/>	Non <input checked="" type="checkbox"/>

III.6.4.1. Solutions :

-Il faudrait refaire la peinture de l'ouvrage.

-On peut réparer et rénover les composants de l'ouvrage par de nouveaux ouvrages ou équipements

-Nous avons constaté des fissures de grande étendue et de la détérioration du béton.

Il est donc nécessaire de renforcer la sécurité par le biais de la consolidation entière de l'ouvrage.

Conclusion :

Nous avons discuté dans ce chapitre d'un bref résumé sur la commune d'El-Cheurfa et évalué la fiche de diagnostic qui nous a permis d'apporter quelques solutions afin de réhabiliter ce réseau vétuste. Pour l'essentiel, on peut dire que l'évaluation des besoins en eau d'alimentation vise la satisfaction d'un niveau sanitaire générale en étroite relation et dépendance avec le développement socio-économique du pays. La réhabilitation des réseaux d'eau est la solution idéale pour restaurer l'esprit du réseau après les dommages et les déséquilibres. C'est aussi un bon moyen de gagner du temps et de l'argent. En ce qui concerne le prochain chapitre, nous effectuerons une estimation des besoins en eau de la population actuelle et future de différentes catégories suivie d'un calcul hydraulique des ouvrages de stockage et de distribution de ce réseau.

Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique des ouvrages de stockage des réseaux de distribution :

Introduction :

Pour bien comprendre les discussions et les problèmes relatifs à la production et à la distribution des eaux de consommation, il faut d'abord connaître le sens donné aux diverses expressions employées par les professionnels qui répondent aux besoins de tous les types de consommateurs [18]. L'estimation des besoins en eau d'une agglomération nous exige de donner une norme fixée pour chaque catégorie de consommateur. Cette norme unitaire (dotation) est définie comme un rapport entre le débit journalier et l'unité de consommateur (agent, élève, lit,...). Tout logiciel de modélisation hydraulique d'un réseau d'AEP est basé sur des notions et méthodes de calcul bien spécifiées que ce soit pour le calcul de pertes de charges ou bien pour le calcul des caractéristiques hydrauliques des nœuds et tronçons. Ainsi Dans ce chapitre, nous allons rappeler quelques notions hydrauliques et formules nécessaires à savoir, pour permettre au lecteur et au navigateur la compréhension de ce travail.

IV.1. Estimation des besoins en eau actuel et future :

L'aire d'étude est de type urbain et par conséquent, la norme de dotation unitaire journalière se situe aux alentours de 150-200 l/j/hab. ; néanmoins, le dimensionnement du réseau à l'horizon d'étude se fera sur la base d'une dotation de 150 l/j/hab. (d'après le Maître de l'ouvrage), en tenant compte du développement en cours que connaît la commune en question, tous secteurs confondus et sur différents programmes d'investissements, (Le cas de tout le pays durant cette décennie). "*Source DRE/Annaba et Plan National de l'eau* "

IV .2.1. Besoins moyens journalier domestiques :

Le débit moyen journalier est donné par la formule suivante :

$$Q_{\text{moy/j}} = \frac{N \times D}{1000}$$

Avec :

- **Q_{moy/j}** : Débit maximal journalier (**m³/j**) ;
- **N** : nombre d'habitants (**hab**) ;
- **D** : Dotation (**L/j/hab**). (Dans notre cas D=150L/J/hab)

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

On peut prendre comme base de calcul les dotations illustrées dans le tableau N° 01 ci-après :

Population	Dotation (L/j/hab)
$P < 2000$	125
$2000 < P < 20.000$	150 - 200
$20.000 < P < 100.000$	200 - 300
$P > 100.000$	300 - 400

Tableau IV-1. : Base de calcul les dotations en fonction du nombre de la population.

IV.2. Besoins des équipements :

On appelle eau de consommation toute eau produite par les usines de traitement des eaux municipales, et ce même si, en plus de la consommation domestique proprement dite, cette eau sert aussi à une multitude d'autres usages : approvisionnement des commerces et de certaines entreprises, lutte contre les incendies, nettoyages des rues, etc...

IV.2.1. Equipements et infrastructures :

Besoins scolaires :

- Ecole primaire
- CEM
- Lycée
- CFPA

Besoins Santé :

- Polyclinique
- Centre de santé

Besoins culturels

- Maison de jeunes
- Stade de foot
- Salle de sport

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

-Bibliothèque

-Mosquée

✚ Besoins Commerciaux

-Nombre des locaux : 30locaux commerciaux

✚ Besoins administratifs

- Gendarmerie
- APC
- PTT
- Protection civile

Besoins des équipements	Nb de population / équipements	Consommations en M3/j
Domestique	2700	405.00
Scolaire	240	36.00
Santé	40	6.00
Culturels	60	9.00
Commerciales	30	4.50
Administratifs	440	66.00
Totales	<u>810</u>	<u>121.50</u>

Tableau IV-2 : besoins des équipements

Compte tenu des quantités d'eau prévues pour l'alimentation d'équipements, ces besoins sont aussi, situés entre 15% et 30% de la consommation domestique moyenne journalière.

Dans notre cas ces besoins sont de 30 %.

IV.2.2. Pertes :

Compte tenu des quantités d'eau prévues pour les fuites de réseau de distribution, il est à noter :

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

- Réseau de distribution bien entretenu, les pertes aboutissent au 25 % de la consommation moyenne journalière.
- Réseau de distribution moyennement entretenu, les pertes sont comprises entre 25 % à 35 de la consommation moyenne journalière.
- Réseau de distribution mal entretenu, les pertes aboutissent ou dépassent les 50 % de la consommation moyenne journalière.

Dans notre cas, les pertes sont de l'ordre de 20 %.

IV.3. Calcul du débit moyen journalier :

Le calcul du débit moyen journalier de la commune d'El Cheurfa est représenté dans le tableau suivant :

Horizons	Nombre d'habitants	Dotation	Besoins domestiques	Besoins d'équipements	Besoins total	Perte	Qmoy.j
	Hab	l/j/hab	m3/j	M3/j	M3/j	m3/j	m3/j
2018	2700	150	405.00	121.50	526.50	105.30	631.80
2020	2853	150	428.00	128.40	556.40	111.28	667.68
2025	3276	150	491.37	147.41	638.78	127.76	766.53
2040	4957	150	743.54	223.06	966.60	193.32	1159.92
2050	6533	150	980.02	294.01	1274.03	254.81	1528.83

Tableau IV-3 : Débit moyen journalier de l'agglomération d'El Cheurfa chef-lieu.

IV.4. Calcul du débit maximal journalier et débit de pointe :

IV.4.1 Débit maximal journalier :

Le débit maximal journalier est donné par la relation usuelle ci-après :

$$Q_{\max/j} = Q_{\text{moy}/j} \times K_{j, \max}$$

Avec :

- $Q_{\max/j}$: Débit maximal journalier (M^3/j).

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

- $Q_{\text{moy}/j}$: Débit moyen journalier (M^3/j).
- $K_{j, \text{max}}$: coefficient de variation maximale journalière (1.2 à 1.5).

IV.4.2 Débit de pointe :

Le débit de pointe est donné par la formule suivante:

$$Q_{\text{pte}} = Q_{\text{moy},j} \times K_p$$

Avec :

- Q_{pte} : Débit de pointe (M^3/j) ;
- $Q_{\text{moy},j}$: Débit moyen journalier (M^3/j) ;
- K_p : Coefficient de pointe.

$$K_p = K_{j, \text{max}} \times K_{h, \text{max}}$$

Avec:

- ✓ K_p : Coefficient de Pointe ;
- ✓ $K_{j, \text{max}}$: Coefficient de variation maximale journalière (1.2 à 1.5) ;
- ✓ $K_{h, \text{max}}$: Coefficient horaire qui exprime l'irrégularité de la consommation pendant les heures de la journée, égale : $K_{h, \text{max}} = \alpha_{\text{max}} \times \beta_{\text{max}}$.

α_{max} : tient compte des conditions locales comme le degré du confort des maisons ainsi que le régime de travail, elle est comprise entre $1.2 < \alpha_{\text{max}} < 1.4$, pour notre cas, il a été adopté un Coefficient : $\alpha_{\text{max}} = 1.3$.

β_{max} est une fonction étroite du nombre d'habitant de la ville, comme ressortie sur le tableau ci-dessous.

Population	< 1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
B max	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15

Tableau IV.4: Variation de β_{max} en fonction du nombre d'habitant.

Les résultats de calcul sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

Horizons	Nombre d'habitants	β max	α max	Kh	Kj	Kp
2018	2700	1.58	1.3	2.05	1.3	2.67
2020	2853	1.58	1.3	2.05	1.3	2.67
2025	3276	1.55	1.3	2.02	1.3	2.62
2040	4957	1.47	1.3	1.91	1.3	2.48
2050	6533	1.37	1.3	1.78	1.3	2.32

Tableau IV-5 : Calcul coefficients de pointe (Kp) pour différents horizons.

IV.4.3. Evaluation des besoins en eau de la population à différents horizons :

horizons :

Les résultats de l'évaluation des besoins en eau, sont récapitulés dans les tableaux ci-dessous :

Horizons	Q moy.j	Kj	Q max.j	Q max.j	Kp	Q pointe	Q pointe
	M ³ /j	/	M ³ /j	L/s	/	M ³ /j	L/s
2018	631.80	1.30	821.34	9.51	2.67	1687.03	19.53
2020	667.68	1.30	867.98	10.05	2.67	1782.83	20.63
2025	766.53	1.30	996.49	11.53	2.62	2007.94	23.24
2040	1159.92	1.30	1507.90	17.45	2.48	2881.59	33.35
2050	1528.83	1.30	1987.48	23.00	2.32	3539.70	40.97

Tableau IV-6 : Calcul du débit de pointe Réseau de distribution d'El Cheurfa

Le débit de pointe à l'horizon d'étude (2050) est de l'ordre **50 l/s** ce débit sert à alimenter la localité de Cheurfa centre à long terme.

IV.4.4. Besoins de stockage :

La méthode de calcul consiste à calculer pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir afin de déterminer son volume qui sera :

$$V_r = a * Q_{moy,j} (m^3)$$

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

▪ $a = (10\% \text{ à } 50\%)$

▪ $V_{inc} = 120 \text{ m}^3$

✚ Le volume total se détermine en ajoutant le volume d'incendie et de sécurité au volume de régulation :

✚ $V_t = V_r + V_s + V_{inc} (\text{m}^3)$

L'analyse des résultats insérés dans le tableau ci-dessus, permet d'avancer les interprétations suivantes :

Désignation	2018	2020	2025	2040	2050
Besoins en eaux chef (m^3/j)	821.34	867.98	996.49	1507.90	1528.83
Stockage nécessaire Chef-lieu (m^3)	410.67	433.99	498.245	753.95	764.415
Stockage disponible Chef-lieu (m^3)	600	600	600	600	600
Bilan Chef-lieu (m^3)	189.33	166.01	101.755	-153.95	-164.42

Tableau IV-7 : Les différents bilans chef-lieu de stockage

IV .5. Dimensionnement des équipements à l'horizon 2050 :

IV. 5.1. Choix du type de matériaux de canalisation :

Le type de matériaux, proposé à l'administration, pour les rénovations et les nouvelles projections, consiste en la conduite en **P.E.H.D** avec des **PN 10 bars** au minimum. Ce choix est motivé par les critères suivants :

- La pression de service supportée
- La durée de vie très longue.
- Une bonne résistance à l'entartrage.
- Matériau non corrosif.
- Présentant des bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très faible).
- Matériau caractérisé par une bonne adaptation sous les terrains en mouvement.

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

IV.5.2. Dimensionnement des réseaux de distribution à l'horizon 2050 :

Tous les réseaux sont en PEHD avec une durée de vie qui dépasse les 25 ans. Le calcul hydraulique des conduites de distributions est fait sur la base de :

- La méthode linéaire pour la détermination des débits nodaux.
- La méthode d'HARDY CROSS pour les différentes simulations.

IV.6. Les caractéristiques du réseau :

Notre réseau se compose de 4 mailles, avec 77 conduites principales y compris la conduite maitresse et les ramifications, il se compose de 69 nœuds de demande.

Les tableaux suivants présentent les caractéristiques des différents nœuds et tuyaux :

Nœuds	Elévation (m)	Nœuds	Elévation (m)
J-1	36.8	J-38	35.04
J-2	37.64	J-39	35.95
J-3	36.77	J-40	34.63
J-4	35.73	J-42	36.36
J-5	34.43	J-43	33.41
J-6	34.28	J-44	33.11
J-7	26.15	J-45	27.62
J-8	35.27	J-46	26.29
J-9	29.2	J-47	34.38
J-10	28.42	J-48	33.12
J-11	26.32	J-49	30.66
J-12	26.8	J-50	32.5
J-13	25.68	J-51	37.29
J-14	26.81	J-52	25.46
J-15	25.38	J-53	34.12
J-16	25.8	J-54	23.7
J-17	26.38	J-55	23.66
J-18	23.78	J-56	24.47
J-19	23.8	J-57	23.75
J-20	23.9	J-58	25.22
J-21	23.73	J-59	22.82

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

J-22	23.56	J-60	22.23
J-23	25.38	J-61	23.39
J-24	24.92	J-62	25.46
J-25	36.84	J-63	25.2
J-26	35.98	J-64	36.46
J-27	34.52	J-65	32.18
J-28	18.38	J-66	33.24
J-29	35.2	J-67	35.56
J-30	35.06	J-68	35.33
J-31	31.71	J-68	35.33
J-32	26.02	J-69	36,62
J-33	22.17	R-1	44
J-34	24.96	R-2	44
J-35	21.24		
J-36	19.39		
J-37	36.59		
J-38	35.04		

Tableau IV-8 : caractéristiques des nœuds

➤ **Les conduites :**

Les caractéristiques des conduites sont présentées dans le tableau ci-après :

Tuyaux	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité
P-1	29	200	0,01
P-2	32	110	0,01
P-3	55	110	0,01
P-4	37	110	0,01
P-5	29	110	0,01
P-6	61	110	0,01

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

P-7	152	110	0,01
P-8	36	200	0,01
P-9	58	200	0,01
P-10	30	200	0,01
P-11	24	200	0,01
P-12	173	200	0,01
P-13	51	110	0,01
P-15	68	63	0,01
P-16	114	63	0,01
P-17	68	110	0,01
P-18	283	90	0,01
P-19	39	63	0,01
P-20	5	63	0,01
P-21	41	63	0,01
P-22	44	63	0,01
P-23	39	90	0,01
P-24	91	90	0,01
P-25	260	63	0,01
P-26	74	63	0,01
P-27	86	63	0,01
P-28	92	200	0,01
P-29	76	200	0,01
P-31	91	160	0,01
P-32	24	160	0,01
P-33	88	63	0,01
P-35	210	63	0,01
P-36	75	63	0,01
P-37	63	63	0,01
P-38	129	110	0,01
P-39	37	63	0,01
P-40	86	110	0,01
P-41	32	63	0,01

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

P-42	78	63	0,01
P-43	61	90	0,01
P-44	32	63	0,01
P-45	120	90	0,01
P-46	46	90	0,01
P-47	124	63	0,01
P-48	161	63	0,01
P-49	194	110	0,01
P-50	37	63	0,01
P-51	42	63	0,01
P-52	67	63	0,01
P-53	36	63	0,01
P-54	82	110	0,01
P-55	156	110	0,01
P-56	185	90	0,01
P-57	86	63	0,01
P-58	18	63	0,01
P-59	76	160	0,01
P-60	273	110	0,01
P-61	445	90	0,01
P-62	189	90	0,01
P-63	189	90	0,01
P-64	85	63	0,01
P-65	49	110	0,01
P-66	110	90	0,01
P-67	166	63	0,01
P-68	30	63	0,01
P-69	108	110	0,01
P-70	145	90	0,01
P-71	34	63	0,01
P-72	214	90	0,01
P-73	34	63	0,01

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

P-74	128	110	0,01
p-75	19	110	0,01
p-76	158	110	0,01
p-77	25	110	0,01

Tableau IV-9 : caractéristiques des tuyaux

VI.1. Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique est déterminé par la relation suivante :

$$Q_{sp} = Q_{pte} / L_t$$

Avec :

- Q_{sp} : Débit spécifique en (l/s/ml) ;
- Q_{pte} : Débit de pointe en (l/s) ;
- L_t : Longueur totale du réseau en (m). $\sum L = 6984 \text{ m}$

Le débit spécifique de cette zone est de l'ordre de **0,0073 (L/s/ml)**. La répartition des débits sur les différents tronçons est donnée par le tableau ci-après :

$$Q_{sp} = 50 / 6984 = 0.0073 \text{ l/s/ml}$$

VI -2. Calcul des débits route :

$$Q_r = L_n * Q_{sp}$$

- L_n : Longueur du tronçon en (m).
- Q_{sp} : Débit spécifique
- Q_r : Débit en route

VI 3. Calcul des débits nodaux :

Pour déterminer les débits nodaux on a utilisé la formule suivante :

$$Q_n = Q_r \times 0.50$$

Avec :

- Q_n : Débit nodal en (l/s) ;
- Q_r : débit route propre à chaque nœud (l/s).

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau, dressé ci-après :

➤ **Les débits en route :**

Tuyaux	Longueur (m)	Nœuds départ	Nœuds d'arrivé	Qsp (l/s/ml)	Q r (l/s)
P-1	29	R-1	J-1	0,0072	0,208
P-2	32	J-1	J-2	0,0072	0,229
P-3	55	J-2	J-3	0,0072	0,394
P-4	37	J-3	J-4	0,0072	0,265
P-5	29	J-4	J-5	0,0072	0,208
P-6	61	J-5	J-6	0,0072	0,437
P-7	152	J-6	J-7	0,0072	1,088
P-8	36	R-2	J-8	0,0072	0,258
P-9	58	J-8	J-7	0,0072	0,415
P-10	30	J-7	J-9	0,0072	0,215
P-11	24	J-9	J-10	0,0072	0,172
P-12	173	J-10	J-11	0,0072	1,239
P-13	51	J-11	J-12	0,0072	0,365
P-15	68	J-13	J-14	0,0072	0,487
P-16	114	J-14	J-15	0,0072	0,816
P-17	68	J-12	J-16	0,0072	0,487
P-18	283	J-16	J-17	0,0072	2,026
P-19	39	J-17	J-18	0,0072	0,279
P-20	5	J-18	J-19	0,0072	0,036
P-21	41	J-19	J-20	0,0072	0,294

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

P-22	44	J-19	J-21	0,0072	0,315
P-23	39	J-21	J-22	0,0072	0,279
P-24	91	J-18	J-23	0,0072	0,651
P-25	260	J-23	J-24	0,0072	1,861
P-26	74	J-2	J-25	0,0072	0,530
P-27	86	J-3	J-26	0,0072	0,616
P-28	92	J-4	J-27	0,0072	0,659
P-29	76	J-1	J-28	0,0072	0,544
P-31	91	J-28	J-29	0,0072	0,651
P-32	24	J-29	J-30	0,0072	0,172
P-33	88	J-30	J-31	0,0072	0,630
P-35	210	J-32	J-33	0,0072	1,503
P-36	75	J-32	J-34	0,0072	0,537
P-37	63	J-34	J-35	0,0072	0,451
P-38	129	J-35	J-36	0,0072	0,924
P-39	37	J-28	J-37	0,0072	0,265
P-40	86	J-37	J-38	0,0072	0,616
P-41	32	J-37	J-39	0,0072	0,229
P-42	78	J-39	J-40	0,0072	0,558
P-43	61	J-39	J-42	0,0072	0,437
P-44	32	J-28	J-43	0,0072	0,229
P-45	120	J-43	J-44	0,0072	0,859
P-46	46	J-43	J-45	0,0072	0,329
P-47	124	J-45	J-16	0,0072	0,888
P-48	161	J-9	J-46	0,0072	1,153
P-49	194	J-10	J-47	0,0072	1,389
P-50	37	J-30	J-48	0,0072	0,265
P-51	42	J-48	J-49	0,0072	0,301
P-52	67	J-49	J-50	0,0072	0,480
P-53	36	J-49	J-51	0,0072	0,258
P-54	82	J-51	J-52	0,0072	0,587
P-55	156	J-62	J-48	0,0072	1,117
P-56	185	J-62	J-16	0,0072	1,324
P-57	86	J-17	J-53	0,0072	0,616
P-58	18	J-53	J-54	0,0072	0,129
P-59	76	J-54	J-55	0,0072	0,544
P-60	273	J-31	J-56	0,0072	1,954
P-61	445	J-56	J-32	0,0072	3,186
P-62	189	J-56	J-57	0,0072	1,353

Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau de distribution

P-63	189	J-57	J-58	0,0072	1,353
P-64	85	J-58	J-59	0,0072	0,609
P-65	49	J-59	J-60	0,0072	0,351
P-66	110	J-59	J-61	0,0072	0,788
P-67	166	J-58	J-62	0,0072	1,188
P-68	30	J-4	J-63	0,0072	0,215
P-69	108	J-63	J-64	0,0072	0,773
P-70	145	J-5	J-65	0,0072	1,038
P-71	34	J-65	J-31	0,0072	0,243
P-72	214	J-65	J-66	0,0072	1,532
P-73	34	J-11	J-13	0,0072	0,243
P-74	128	J-67	J-45	0,0072	0,916
p-75	19	J-16	J-68	0,0072	0,136
p-76	158	J-68	J-69	0,0072	1,131
p-77	25	J-69	J-53	0,0072	0,179
somme	6984				

Tableau IV-10 : Calcul des débits Routes.

➤ Les débits nodaux :

Noeuds	Nœuds départ	Nœuds d'arrivée	Qr (l/s/ml)	Qn (l/s)
1	J-1	R-1	0,21	0,49
	J-1	28	0,54	
	J-1	2	0,23	
2	J-2	1	0,23	0,58
	J-2	25	0,53	
	J-2	3	0,39	
3	J-3	2	0,39	0,64
	J-3	26	0,62	
	J-3	4	0,27	
4	J-4	3	0,27	0,57
	J-4	27	0,66	
	4	5	0,21	
5	5	4	0,21	0,84
	5	65	1,04	

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

	5	6	0,44	
6	6	5	0,44	0,76
	6	7	1,09	
7	7	6	1,09	0,86
	7	9	0,22	
	7	8	0,42	
8	8	7	0,42	0,34
	8	R-2	0,26	
9	9	7	0,22	0,77
	9	10	0,17	
	9	46	1,15	
10	10	9	0,17	1,40
	10	11	1,24	
	10	47	1,39	
11	11	10	1,24	0,92
	11	13	0,24	
	11	12	0,37	
12	12	11	0,37	0,43
	12	16	0,49	
13	13	11	0,24	0,37
	13	14	0,49	
14	14	15	0,82	0,65
	14	13	0,49	
15	15	14	0,82	0,41
16	16	62	0,32	0,92
	16	68	0,14	
	16	45	0,89	
	16	12	0,49	
17	17	18	0,28	0,45
	17	53	0,62	
18	18	19	0,04	0,48
	18	17	0,28	
	18	23	0,65	
19	19	20	0,29	0,32
	19	18	0,04	
	19	21	0,32	
20	20	19	0,29	0,15
21	21	19	0,32	0,30
	21	22	0,28	

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

22	22	21	0,28	0,14
23	23	18	0,65	1,26
	23	24	1,86	
24	24	23	1,86	0,93
25	25	2	0,53	0,27
26	26	3	0,62	0,31
27	27	4	0,66	0,33
28	28	1	0,54	0,84
	28	37	0,27	
	28	29	0,65	
	28	43	0,23	
29	29	28	0,65	0,41
	29	30	0,17	
30	30	31	0,63	0,45
	30	48	0,27	
31	31	56	1,95	1,41
	31	65	0,24	
	31	30	0,63	
32	32	56	3,19	2,34
	32	33	1,50	
33	33	32	1,50	0,75
34	34	32	0,54	0,49
	34	35	0,45	
35	35	36	0,92	0,69
	35	34	0,45	
36	36	35	0,92	0,46
37	37	28	0,27	0,56
	37	38	0,62	
	37	39	0,23	
38	38	37	0,62	0,31
39	39	37	0,23	0,61
	39	40	0,56	
	39	42	0,44	
40	40	39	0,56	0,28
42	42	39	0,44	0,22
43	43	45	0,33	0,71
	43	28	0,23	
	43	44	0,86	

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

44	44	43	0,86	0,43
45	45	16	0,89	1,07
	45	43	0,33	
	45	67	0,92	
46	46	9	1,15	0,58
47	47	10	1,39	0,69
48	48	62	1,12	0,84
	48	49	0,30	
	48	30	0,27	
49	49	48	0,30	0,52
	49	51	0,26	
	49	50	0,48	
50	50	49	0,48	0,24
51	51	49	0,30	0,44
	51	52	0,59	
52	52	51	0,59	0,29
53	53	17	0,62	0,46
	53	69	0,18	
	53	54	0,13	
54	54	55	0,54	0,27
55	55	54	0,54	0,27
56	56	32	3,19	2,75
	56	57	0,35	
	56	31	1,95	
57	57	58	1,35	0,85
	57	56	0,35	
58	58	59	0,61	1,58
	58	62	1,19	
	58	57	1,35	
59	59	58	0,61	0,87
	59	60	0,35	
	59	61	0,79	
60	60	59	0,35	0,18
61	61	59	0,79	0,39
62	62	58	1,19	1,31
	62	48	1,12	
	62	16	0,32	

**Chapitre 04 : Estimation des besoins en eau et Calcul hydraulique du réseau
de distribution**

63	63	4	0,22	0,49
	63	64	0,77	
64	64	63	0,77	0,39
65	65	31	0,24	1,41
	65	66	1,53	
	65	5	1,04	
66	66	65	1,53	0,77
67	67	45	0,92	0,46
68	68	69	1,13	0,63
	68	16	0,14	
69	69	53	0,18	0,66
	69	68	1,13	
			Somme	45,30

Tableau IV-11 : Répartition des débits nodaux dans le réseau

Conclusion :

L'estimation des besoins en eau dépend de plusieurs facteurs (de l'évolution de la population, des équipements sanitaires, du niveau de vie de la population,...). Elle diffère aussi d'une période à une autre et d'une agglomération à autre. Les canalisations doivent être dimensionnées à partir du débit de pointe avec une pression de service suffisante, pour les habitations élevées et les points les plus éloignés (bâtiments, immeubles etc....). L'étude présente, se base sur le recensement 2018 de l'A.P.C, les orientations du plan d'urbanisation et des équipements, données attribuées par la Direction des Ressources en Eau (DRE/Annaba). A l'horizon d'étude 2050 la commune d'El-Cheurfa a besoin d'un ouvrage de stockage de capacité 200 m³ à réaliser. Le prochain et dernier chapitre sera consacré pour le traitement des données de base, simulation et analyse des résultats et comportement du réseau avec recommandation et ce à l'aide du logiciel Epanet.

Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa :

Introduction :

Simuler c'est le processus d'imitation du comportement d'un système, ou encore c'est le processus d'utilisation d'une représentation mathématique du système réel, cette représentation est appelée "modèle".

Toutefois et très souvent, la plupart des systèmes réels sont trop complexes pour être évalués analytiquement. Il est nécessaire donc de procéder de manière numérique via une simulation afin d'estimer les caractéristiques du modèle.

La simulation d'un réseau de transfert ou de distribution qui reproduit le comportement dynamique d'un système existant ou projeté est généralement appliqué, surtout dans les cas où on ne peut pas soumettre directement le système réel à l'expérimentation, ou afin d'évaluer un projet de système de distribution avant de le réaliser réellement. [19]

Dans ce chapitre, nous avons importé le plan du réseau d'eau potable du logiciel Autocad et l'avons introduit dans le programme Epanet. Dans cette étude, nous avons adopté les données de base et caractéristiques du réseau selon le recellement transmis par la Direction de l'hydraulique et subdivision de Ain Berda à savoir (les longueurs des conduites, les diamètres, les débits nécessaires y compris le débit à l'horizon, les hauteurs des nœuds, etc.).

Après avoir saisi ces informations dans l'Epanet, nous avons simulé et extrait les résultats, les avons analysés et interprétés, enfin nous avons suggéré des solutions appropriées en cas de problèmes.

V.2. Description du réseau d'El-Cheurfa :

Le réseau d'**El-Cheurfa** est un réseau mixte, il se compose de **4** mailles quelques ramifications, **77** tronçons et **69** nœuds y compris deux nœud d'adduction (deux réservoirs). Il y'a un débit de 50 litres qui dessert les deux communes El Eulma et El Cheurfa et en route il dessert l'A.C.L(agglomération chef-lieu) **El-Cheurfa** (Aire d'étude). L'alimentation des abonnés de cette ville se fait par gravitation à partir de deux réservoirs d'accumulation, qui a une capacité de **2*300m³**et situés à une altitude de **44** m. Le réseau d'**El-Cheurfa** est de longueur principale de **6,44** km et **8,87km** pour les conduites secondaires représentant alors une longueur totale de réseau de l'ordre de **15, 31km**.Le réseau d'El-Cheurfa couvre une superficie totale de 65km². La base du réseau est constituée de conduites en **PEHD PN 10bars** de diamètre compris entre **63** et **200mm** avec de **linéaires** des réseaux **d'adduction** de **31.3 Km** et de linéaires des réseaux de **distribution** de **27.3 Km**.

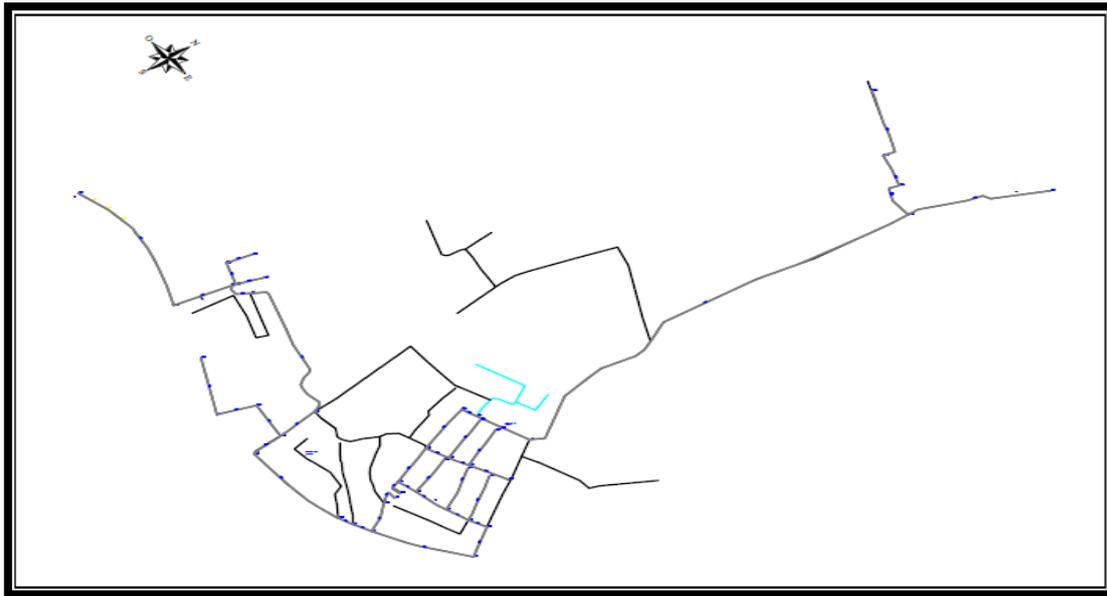


Figure V-1.a : Plan de masse du réseau

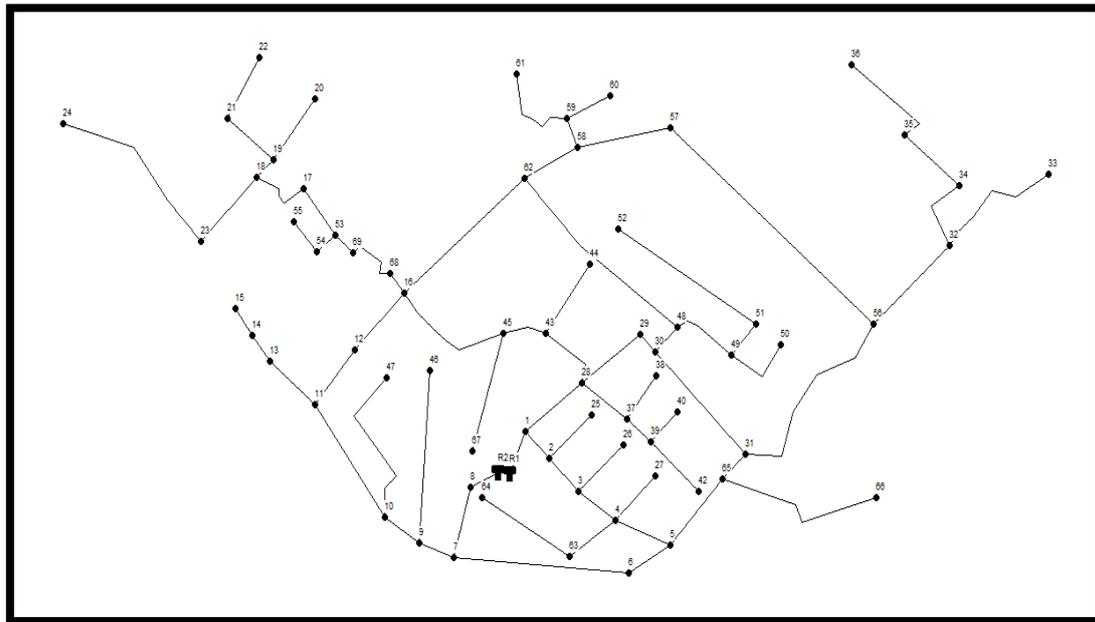


Figure V-1. b : Schéma du réseau principal sur EPANET

V.2.1. Description des nœuds :

Notons l'existence de **69 nœuds** dans la distribution, le **nœud 2** est le plus élevé **37,64m** tandis que le nœud **18** est le plus bas **18,38 m**.

Donc, on obtient une différence d'hauteur de **19,26m**.

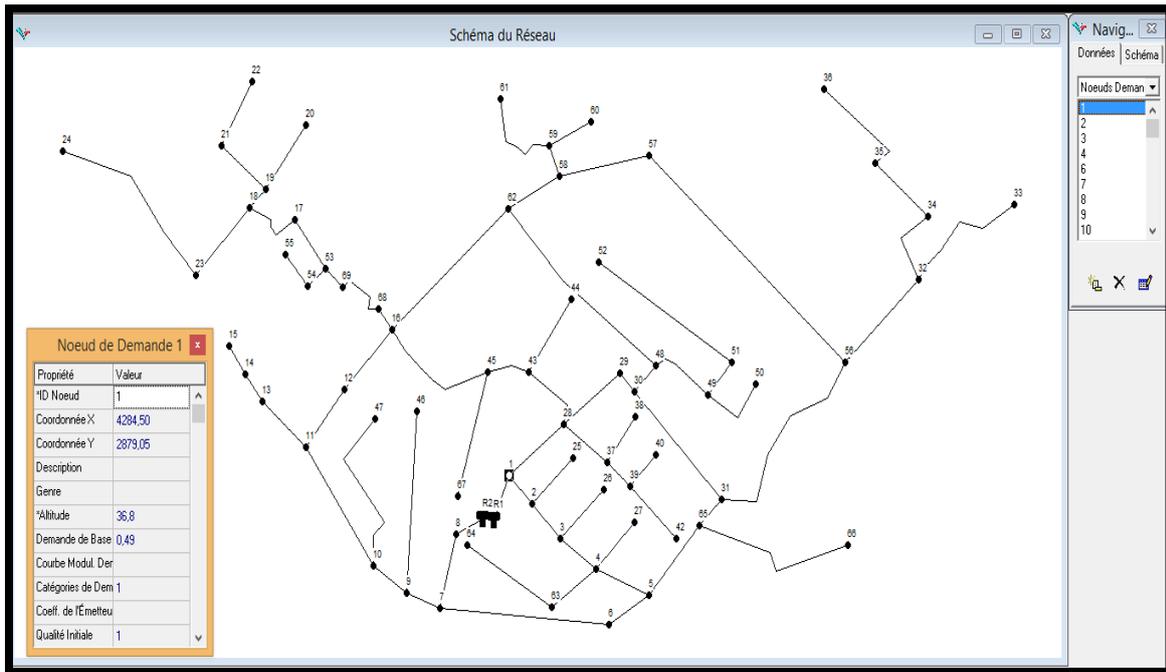


Figure V-2 : exemple de saisie de données des nœuds

V.2.2. Description des tuyaux :

Après l'introduction des 77 conduites en PEHD, On remarque qu'il y a 7 conduites atteignant 200mm de diamètre et le reste sont dans l'intervalle $63\text{mm} \leq D \leq 200\text{mm}$.

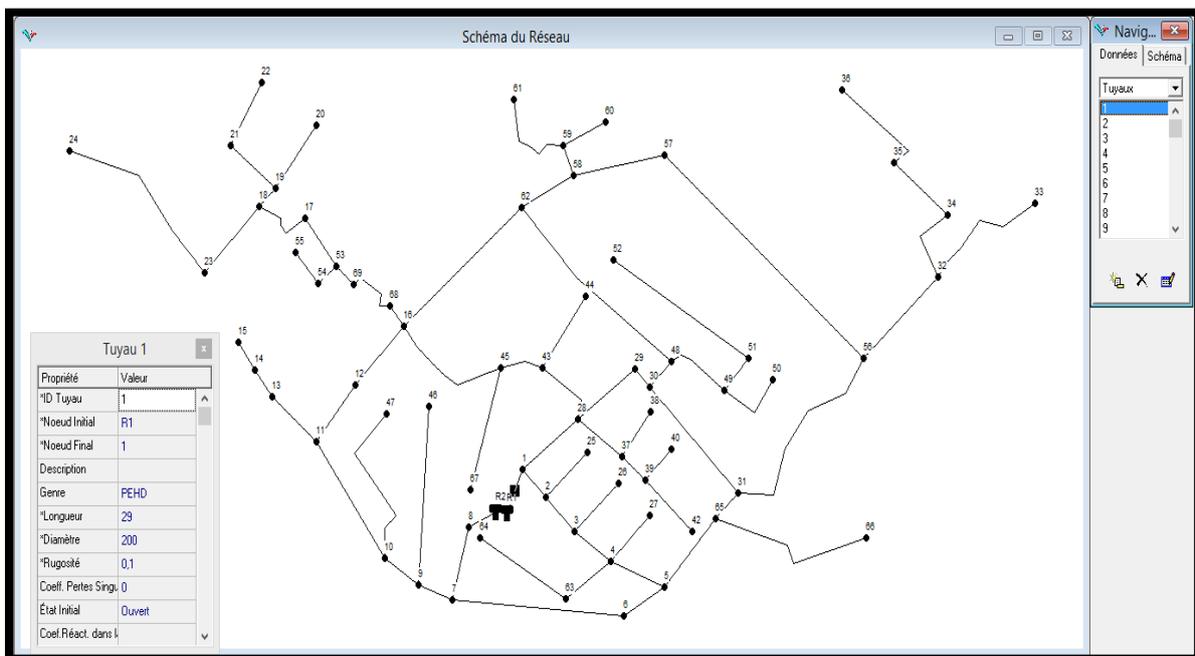


Figure V- 3 : saisie des données des conduites

V.3.La simulation par Epanet :

Les différents scénarios qui simulent le comportement du réseau ont donné les résultats suivants : Le schéma suivant montre l'état du réseau de la zone d'étude après la simulation.

Les valeurs mentionnées sur les tronçons représentent les débits en l/s et la pressions en bars.

Ci-après les Schémas de l'état du réseau d'EL-Cheurfa après simulation :

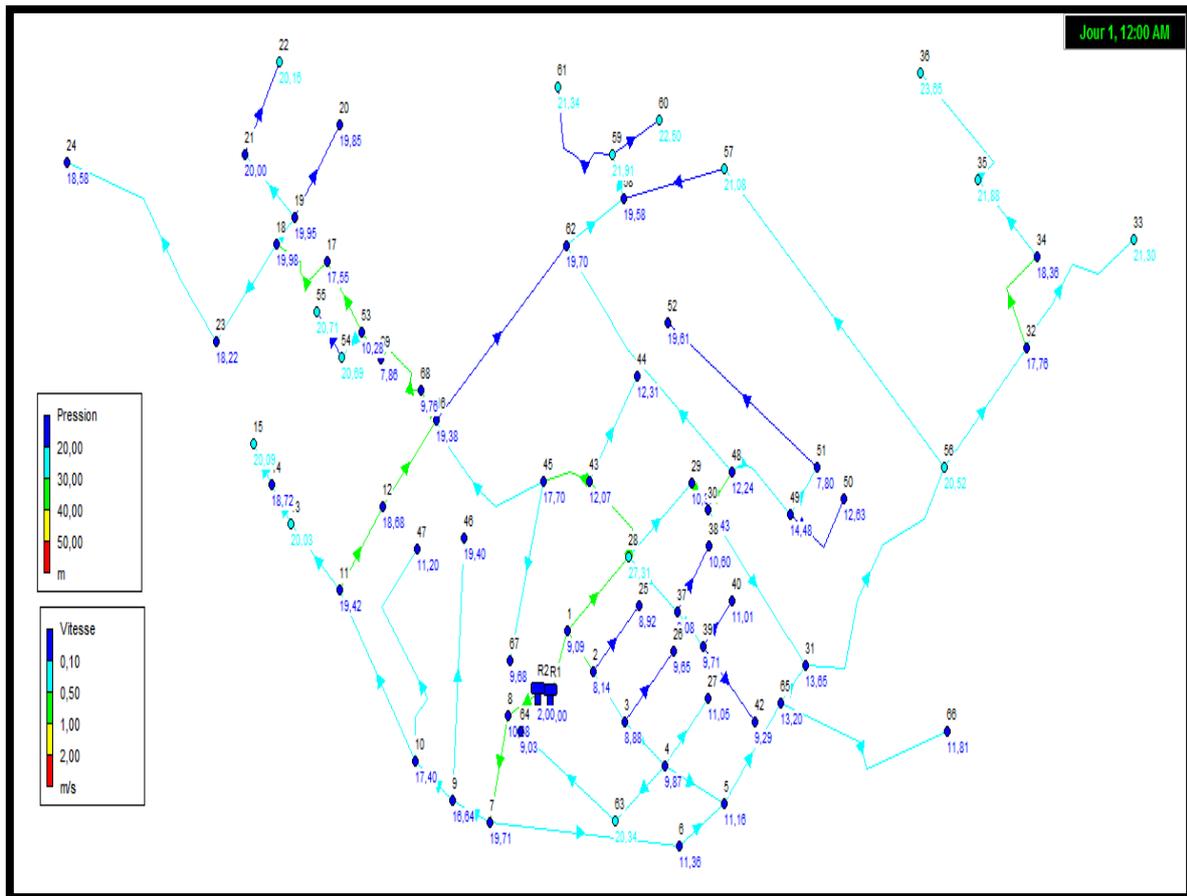


Figure V-4 : Schéma de l'état du réseau (Pression-Vitesse) du système après simulation

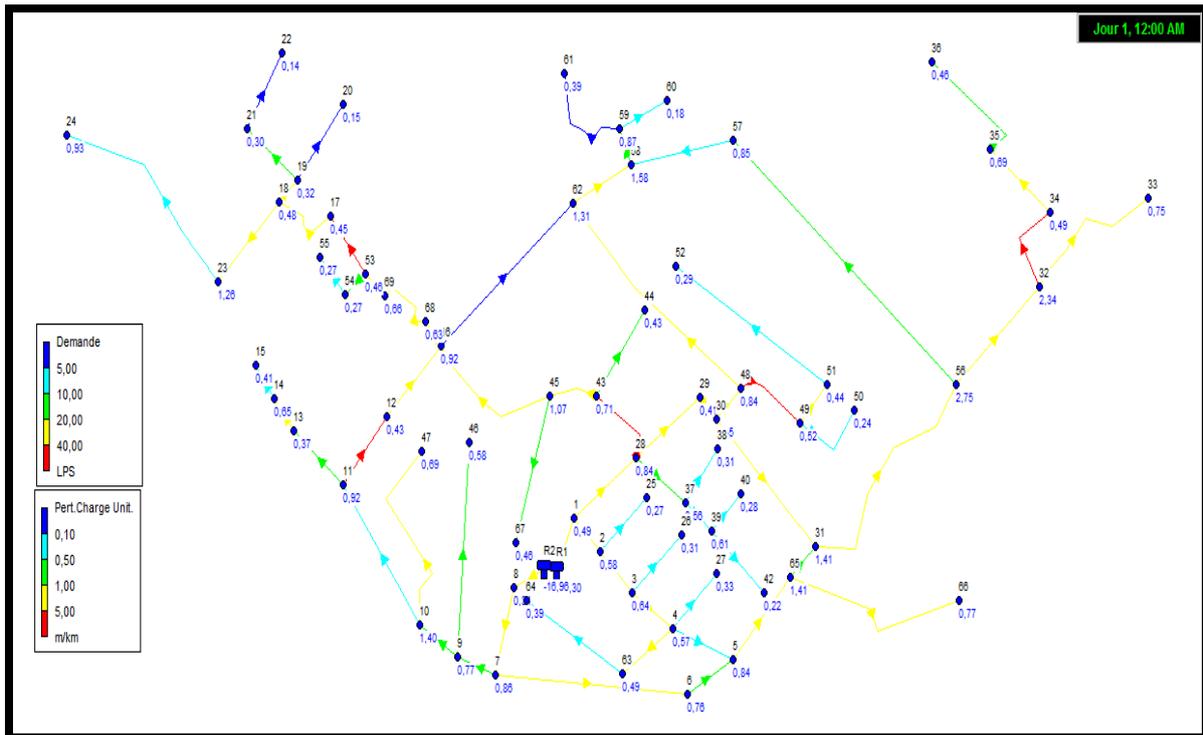


Figure V-5 : Schéma de l'état du réseau (demande de base et perte de charge unitaire) du système après simulation

V.3.1. Affichage graphique et Analyse :

- **Couleur bleu et bleu foncé :**

La couleur bleu clair pour les conduites sauf la conduite (1,9, 10, 11, 29, 31,32) présente des débits faibles qui sont dans l'intervalle inférieur ou égal à 10l/s. Pour ce qui est de la pression, les nœuds de couleur bleue ont des pressions faibles dans l'intervalle de 10mce-20mce (1bars-2bars).

- **Couleur bleu ciel :**

La couleur BLEU CIEL pour les nœuds (13,15, 63, 55, 54, 22, 56, 57,59, 60, 61, 33, 35, 36) ont une pression dans un intervalle 20mce-30mce (2bars-3bars). Par contre les conduites en couleur vert clair à savoir : (9, 10, 11, 31,32) Possèdent un débit de l'ordre de 10-30 l/s comme débit moyen.

- **Couleur vert foncé :**

La couleur vert olive pour la conduite (1 et 29) présente un débit élevé situé dans l'intervalle 20l/s -50 l/s

Essentiellement dans les systèmes d'alimentation en eaux potables on s'intéresse aux vitesses dans les conduites et les pressions sur les nœuds. La répartition des pressions est représentée dans la figure suivante :

V.3.1.1. Les courbes de distributions et profil longitudinal :

La courbe de distribution représente sur l'axe Y la fraction d'objets de valeur inférieure à la valeur de l'axe X. A un instant donné, ce graphique s'applique à tous les nœuds ou tous les arcs. La (Figure 6) elle donne le pourcentage de la distribution de la pression aux nœuds. La (figure7) représente la distribution des débits aux arcs. La (Figure 8) donne la distribution de vitesses aux arcs. La (Figure 9) donne le profil longitudinal des pressions.

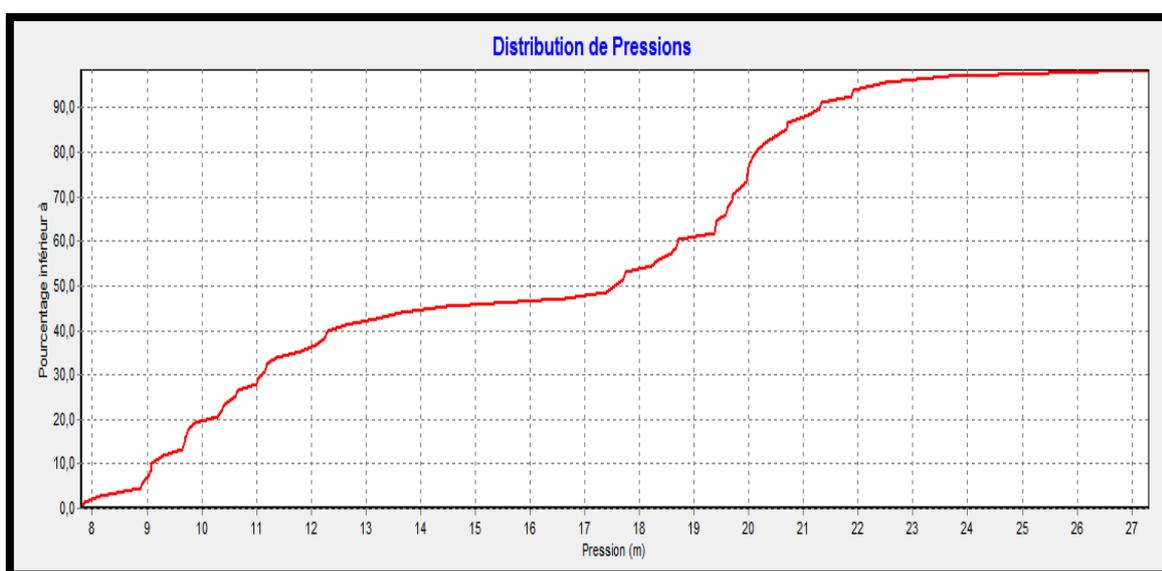


Figure V-6 : courbe de la distribution de la pression aux nœuds

On remarque 4 tranches :

Tranche 1 : entre **0 et 12 m.c.e** il présente **40 %** de la pression totale.

Tranche 2 : entre **12 et 17 m.c.e** il présente **10 %** de la pression totale.

Tranche 3 : entre **17 et 22 m.c.e** il présente **40 %** de la pression totale.

Tranche 4 : entre **22 et 27m.c.e** il présente **10%** de la pression totale.

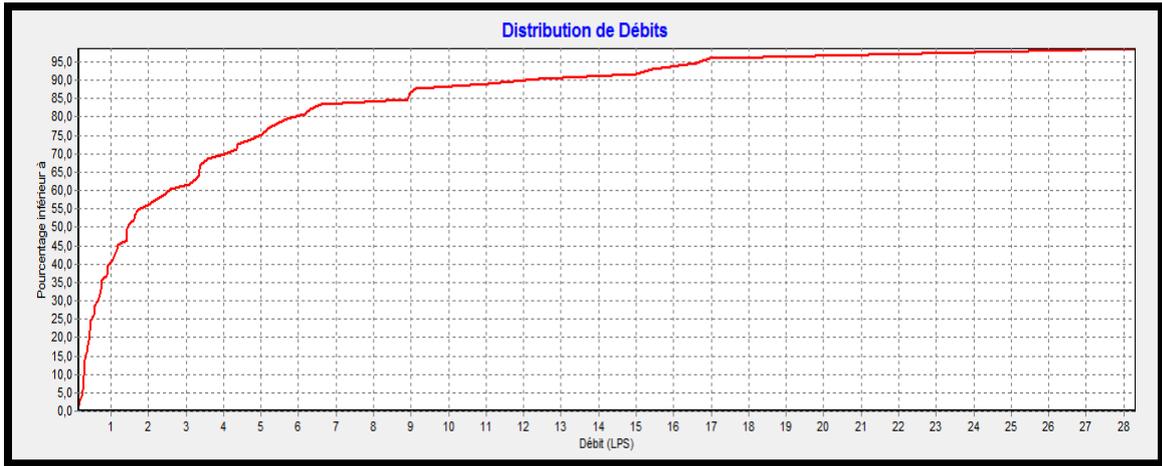


Figure V-7 : Courbe de la distribution des débits aux arcs

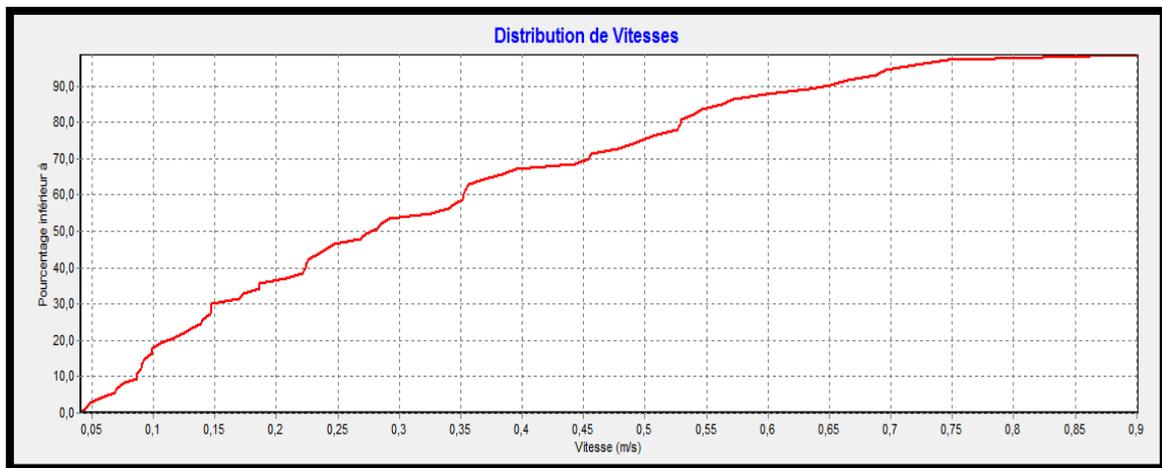


Figure V-8 : Courbe de la distribution de vitesses aux arcs

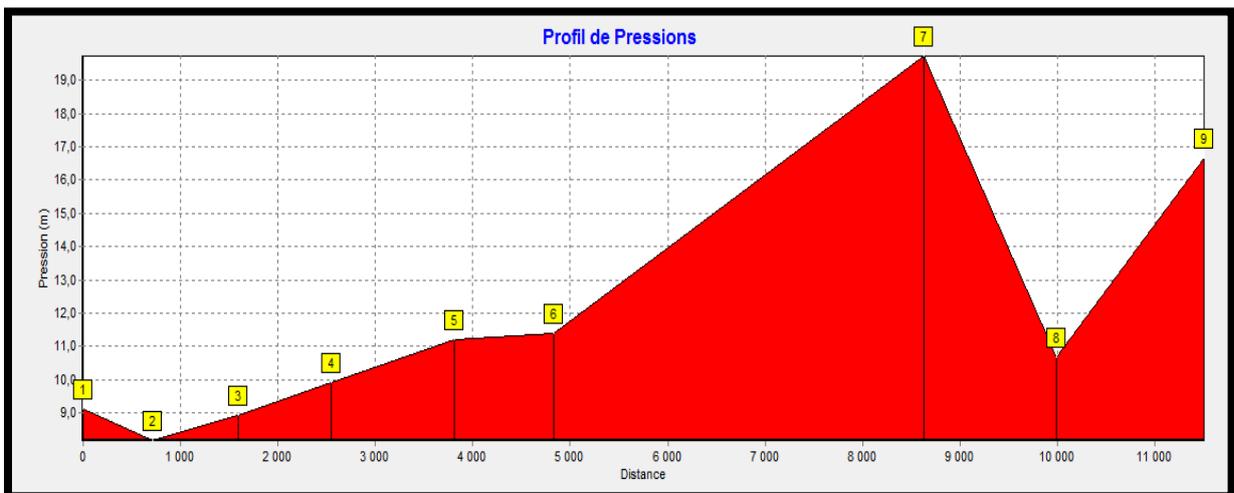


Figure V-9 : Profil longitudinal des pressions

V.3.2. Synthèse et interprétation :

Les résultats obtenus lors de la simulation ont montré de différentes tranches de pressions de services à partir du nœud à charge fixe (Réservoir) et les différents nœuds selon la charge disponible selon les côtes des terrains naturels (cote piézométriques).

A titre indicatif, les pressions entre **17m.c.e** et **22 m.c.e** représentent **40 %** Car ils sont proches du réservoir.

Rappelons que pour le bon fonctionnement hydraulique du système de notre cas, les vitesses suggérées doivent être comprises entre **0,5 et 1.5 m/s**. En ce qui concerne les pressions sur les nœuds, pour une alimentation des consommateurs satisfaisante et régulière ainsi que pour la sécurité du réseau, elles doivent être comprises entre **10–40 bars**.

Pour notre cas nous avons un intervalle de 10-30 bars.

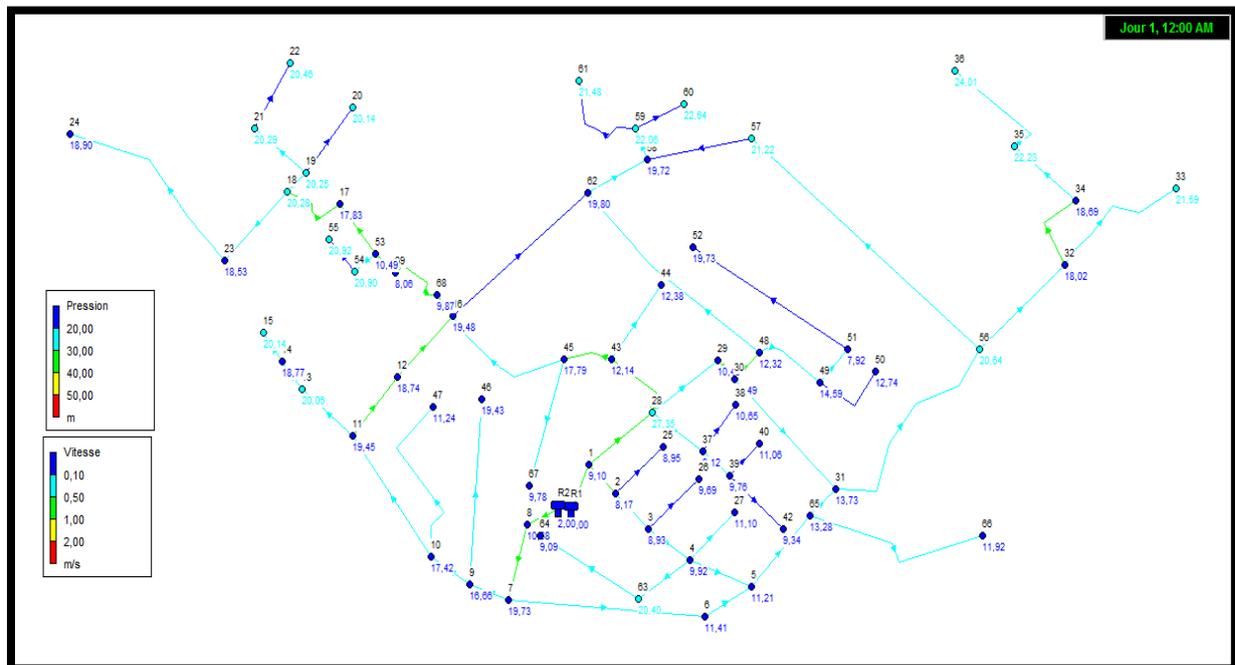


Figure V-10 : Résultats de la pression et vitesses

Résultat d'analyse du système

Le fonctionnement du réseau est tout à fait satisfaisant. Il apparaît bien clair d'après la figure que les valeurs de pressions sont faibles (≤ 2 bars) soit un écart de pression allant de **19,51 m.c.e** soit **1.95 bars** il faut aussi noter que pour certaines vitesses inférieures à **0,5m/s** d'où on peut procéder au redimensionnement des diamètres pour cela nous avons opté des diamètres immédiatement inférieurs dans la gamme des diamètres en PEHD normalisés.

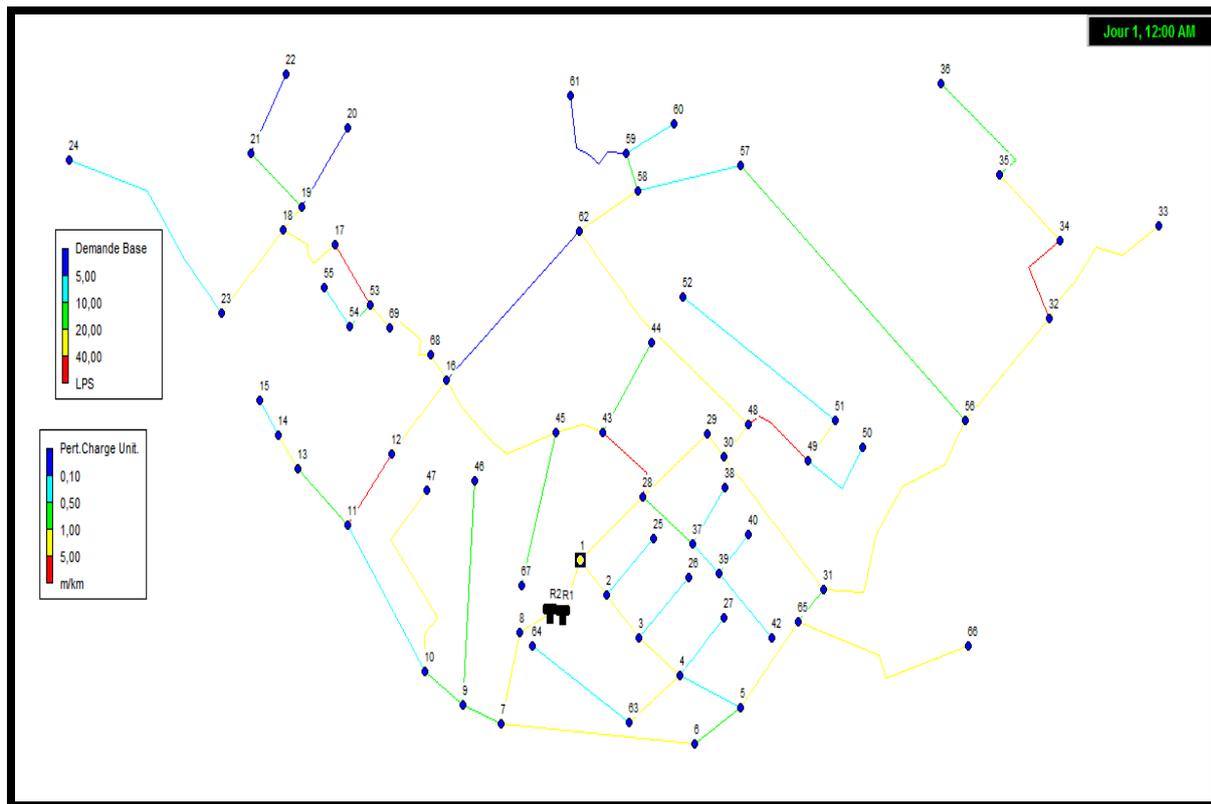


Figure V-11 : Résultats de la demande de base et perte de charge

V.3.3. Valeurs guides pour un fonctionnement correcte :

- Les pressions doivent être comprises entre 2 et 4 bars.
- La vitesse d'écoulement de l'eau dans les conduites doit être comprise entre 0.5 et 1.25m/s.
- La concentration du chlore dans les nœuds et les conduites doit être supérieure à 0.1 mg/l et ne dépasse pas 2,00 mg/l

V.4. Résultat de la modélisation de réseau :

Nous avons :

Le débit : $1,4 \text{ l/s} \leq Q \leq 28,3 \text{ l/s}$.

La vitesse : $0,1 \text{ m/s} \leq V \leq 1 \text{ m/s}$.

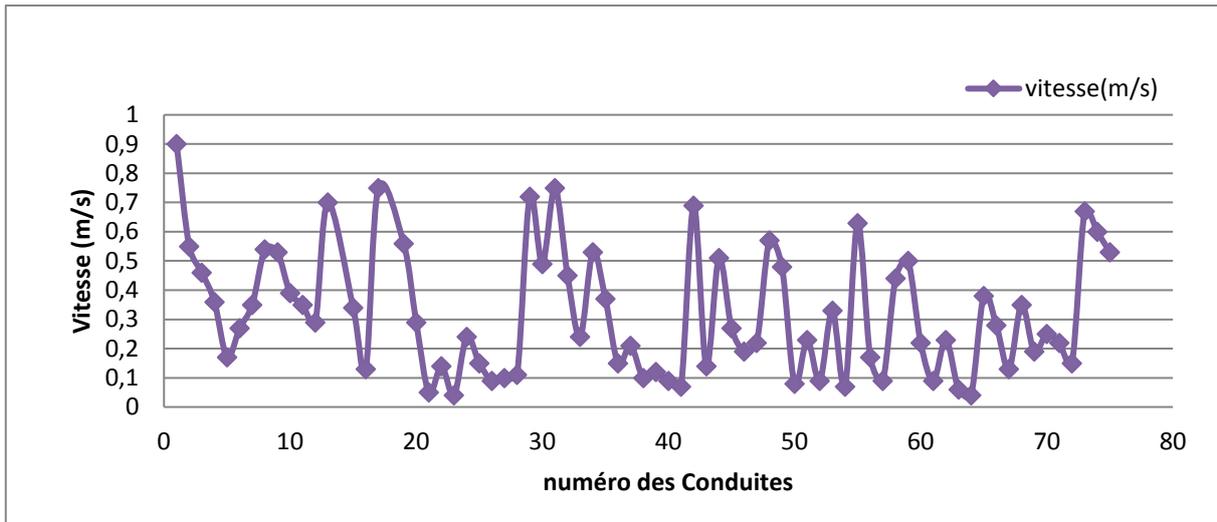


Figure V-12 : Courbe de variation de la vitesse d'écoulement dans le réseau

Ce graphique (figure V-12) a été extrait après la conversion des résultats du tableau d'Epanet par logiciel Excel. Donc nous obtenons cette courbe qui présente que les vitesses d'écoulement qui sont comprises entre **0.1 m/s** et **1.0 m/s**.



Figure V-13 : courbe des niveaux de la pression

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurf

Une fois le réseau est défini par toutes ces données (voir tableau) à savoir : les caractéristiques et l'état des tuyaux. La simulation par Epanet nous donne le tableau des résultats suivant :

a-Tableau des nœuds :

➤ État des Nœuds du Réseau

	Altitude	Demande	Charge	Pression
ID Nœud	m	LPS	m	m
Noeud 1	36,8	0,49	45,89	9,09
Noeud 2	37,64	0,58	45,78	8,14
Noeud 3	36,77	0,64	45,65	8,88
Noeud 4	35,73	0,57	45,60	9,87
Noeud 6	34,28	0,76	45,64	11,36
Noeud 7	26,15	0,86	45,86	19,71
Noeud 8	35,27	0,34	45,95	10,68
Noeud 9	29,2	0,77	45,84	16,64
Noeud 10	28,42	1,40	45,82	17,40
Noeud 11	26,32	0,92	45,74	19,42
Noeud 12	26,80	0,43	45,48	18,68
Noeud 13	25,68	0,37	45,71	20,03
Noeud 14	26,81	0,65	45,53	18,72
Noeud 15	25,38	0,41	45,47	20,09
Noeud 28	18,38	0,84	45,69	27,31
Noeud 29	35,20	0,41	45,57	10,37
Noeud 30	35,06	0,45	45,49	10,43
Noeud 31	31,71	1,41	45,36	13,65
Noeud 65	32,18	1,41	45,38	13,20
Noeud 43	33,41	0,71	45,48	12,07
Noeud 63	25,20	0,49	45,54	20,34
Noeud 64	36,46	0,39	45,49	9,03
Noeud 67	35,56	0,46	45,24	9,68

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Noeud 47	34,38	0,69	45,58	11,20
Noeud 16	25,80	0,92	45,18	19,38
Noeud 46	26,29	0,58	45,69	19,40
Noeud 37	36,59	0,56	45,67	9,08
Noeud 38	35,04	0,31	45,64	10,60
Noeud 40	34,63	0,28	45,64	11,01
Noeud 5	34,43	0,84	45,59	11,16
Noeud 66	33,24	0,77	45,05	11,81
Noeud 39	35,95	0,61	45,66	9,71
Noeud 48	33,12	0,84	45,36	12,24
Noeud 49	30,66	0,52	45,14	14,48
Noeud 51	37,29	0,44	45,09	7,80
Noeud 50	32,50	0,24	45,13	12,63
Noeud 44	33,11	0,43	45,42	12,31
Noeud 52	25,46	0,29	45,07	19,61
Noeud 62	25,46	1,31	45,16	19,70
Noeud 58	25,22	1,58	44,80	19,58
Noeud 56	24,47	2,75	44,99	20,52
Noeud 57	23,75	0,85	44,83	21,08
Noeud 59	22,82	0,87	44,73	21,91
Noeud 61	23,39	0,39	44,73	21,34
Noeud 60	22,23	0,18	44,73	22,50
Noeud 32	26,02	2,34	43,78	17,76
Noeud 33	22,17	0,75	43,47	21,30
Noeud 34	24,96	0,49	43,32	18,36
Noeud 35	21,24	0,69	43,12	21,88
Noeud 36	19,39	0,46	43,04	23,65
Noeud 45	27,62	1,07	45,32	17,70
Noeud 68	35,33	0,63	45,09	9,76
Noeud 69	36,62	0,66	44,48	7,86
Noeud 53	34,12	0,46	44,40	10,28
Noeud 54	23,70	0,27	44,39	20,69

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Noeud 17	26,38	0,45	43,93	17,55
Noeud 55	23,66	0,27	44,37	20,71
Noeud 18	23,78	0,48	43,76	19,98
Noeud 19	23,80	0,32	43,75	19,95
Noeud 20	23,90	0,15	43,75	19,85
Noeud 21	23,73	0,30	43,73	20,00
Noeud 22	23,56	0,14	43,72	20,16
Noeud 23	25,38	1,26	43,60	18,22
Noeud 24	24,92	0,93	43,50	18,58
Noeud 42	36,36	0,22	45,65	9,29
Noeud 26	35,98	0,31	45,63	9,65
Noeud 27	34,52	0,33	45,57	11,05
Noeud 25	36,84	0,27	45,76	8,92
Réservoir R1	44	-28,30	46,00	2,00
Réservoir R2	44	-16,96	46,00	2,00

Tableau V-1 : Etat des nœuds du réseau

➤ **Valeurs guides pour un fonctionnement correcte :**

Pression : $1 \text{ bars} \leq P \leq 2 \text{ bars}$

La pression : Les pressions dans la majorité des cas sont faibles mais acceptables. Donc on remarque un redimensionnement des conduites. Ce qui veut dire qu'il faudra augmenter les diamètres.

b-Tableau des conduites :

➤ **État des Arcs du Réseau**

ID Arc	Diamètre (mm)	Débit (LPS)	Vitesse (m/s)	Pdc. Unit (m/km)	Facteur Friction
Tuyau 1	200	28,30	0,90	3,96	0,019
Tuyau 2	110	5,19	0,55	3,23	0,023

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 3	110	4,34	0,46	2,32	0,024
Tuyau 4	110	3,39	0,36	1,47	0,025
Tuyau 5	110	1,61	0,17	0,38	0,028
Tuyau 6	110	-2,59	0,27	0,90	0,026
Tuyau 7	110	-3,35	0,35	1,44	0,025
Tuyau 8	200	16,96	0,54	1,50	0,020
Tuyau 9	200	16,62	0,53	1,45	0,020
Tuyau 10	200	12,40	0,39	0,84	0,021
Tuyau 11	200	11,05	0,35	0,68	0,021
Tuyau 12	200	8,96	0,29	0,46	0,022
Tuyau 13	110	6,61	0,70	5,09	0,023
Tuyau 15	63	1,06	0,34	2,72	0,029
Tuyau 16	63	0,41	0,13	0,49	0,035
Tuyau 17	110	6,18	0,65	4,49	0,023
Tuyau 29	200	22,62	0,72	2,59	0,020
Tuyau 31	200	15,42	0,49	1,26	0,021
Tuyau 32	160	15,01	0,75	3,65	0,021
Tuyau 33	160	9,13	0,45	1,44	0,022
Tuyau 40	63	0,31	0,10	0,30	0,038
Tuyau 41	110	1,11	0,12	0,19	0,031
Tuyau 42	63	0,28	0,09	0,25	0,039
Tuyau 39	110	1,98	0,21	0,55	0,027
Tuyau 68	63	0,88	0,28	1,94	0,030

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 69	63	0,39	0,13	0,45	0,036
Tuyau 70	110	3,36	0,35	1,45	0,025
Tuyau 71	90	1,18	0,19	0,58	0,029
Tuyau 73	90	1,43	0,22	0,81	0,028
Tuyau 72	63	0,77	0,25	1,52	0,031
Tuyau 49	63	0,69	0,22	1,25	0,031
Tuyau 48	63	0,58	0,19	0,91	0,033
Tuyau 50	110	5,43	0,57	3,52	0,023
Tuyau 51	63	1,49	0,48	5,09	0,028
Tuyau 52	63	0,24	0,08	0,19	0,040
Tuyau 53	63	0,73	0,23	1,38	0,031
Tuyau 54	63	0,29	0,09	0,27	0,038
Tuyau 55	110	-3,10	0,33	1,24	0,025
Tuyau 60	160	8,91	0,44	1,37	0,022
Tuyau 63	90	0,58	0,09	0,16	0,035
Tuyau 62	90	1,43	0,22	0,81	0,028
Tuyau 64	90	1,44	0,23	0,82	0,028
Tuyau 65	63	0,18	0,06	0,11	0,041
Tuyau 66	110	0,39	0,04	0,03	0,040
Tuyau 61	110	4,73	0,50	2,72	0,024
Tuyau 36	63	1,64	0,53	6,09	0,027
Tuyau 37	63	1,15	0,37	3,16	0,029
Tuyau 38	63	0,46	0,15	0,60	0,034

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 35	63	0,75	0,24	1,45	0,031
Tuyau 74	63	-0,46	0,15	0,60	0,034
Tuyau 46	90	3,24	0,51	3,65	0,025
Tuyau 44	90	4,38	0,69	6,42	0,024
Tuyau 45	63	0,43	0,14	0,54	0,035
Tuyau 75	110	6,32	0,67	4,68	0,023
Tuyau 76	110	5,69	0,60	3,84	0,023
Tuyau 77	110	5,03	0,53	3,05	0,023
Tuyau 58	63	0,54	0,17	0,80	0,033
Tuyau 57	90	-4,03	0,63	5,49	0,024
Tuyau 59	63	0,27	0,09	0,24	0,039
Tuyau 19	90	3,58	0,56	4,40	0,025
Tuyau 20	63	0,91	0,29	2,06	0,030
Tuyau 21	63	0,15	0,05	0,06	0,034
Tuyau 22	63	0,44	0,14	0,56	0,035
Tuyau 23	63	0,14	0,04	0,05	0,031
Tuyau 24	90	2,19	0,34	1,77	0,026
Tuyau 25	90	0,93	0,15	0,38	0,031
Tuyau 43	63	0,22	0,07	0,17	0,041
Tuyau 27	63	0,31	0,10	0,30	0,038
Tuyau 28	63	0,33	0,11	0,34	0,037
Tuyau 26	63	0,27	0,09	0,24	0,039
Tuyau 47	90	1,71	0,27	1,12	0,027

Tuyau 56	110	-0,65	0,07	0,08	0,035
Tuyau 67	90	-2,44	0,38	2,16	0,026

Tableau V-2 : Etat des arcs du réseau

L'analyse du tableau des résultats de la simulation montre que :

➤ **Débit :**

Les débits obtenus sont dans l'intervalle de : $1 \text{ l/s} \leq Q \leq 28,30 \text{ l/s}$. Il faut noter qu'il y a des débits qui sont très faibles, alors pratiquement il faut diminuer le diamètre de ces conduites afin d'avoir une vitesse acceptable.

➤ **Problèmes de ramifications :**

Les différentes figures présentées précédemment permettent de se rendre compte de multiples ramifications présentes dans le réseau. Ces ramifications conséquentes provoquent des pertes de charges et des fuites dans les différentes conduites composant le réseau certes de proposer beaucoup d'autres alternatives d'alimentation en eau potable en cas de problème de fuite ou autres. Ils permettent communément de stopper la stagnation de l'eau dans un réseau et réduisent les risques de mauvaise qualité d'eau.

V.5. Simulation dynamique :

La simulation dynamique permet de décrire le fonctionnement du réseau durant une période déterminée, tout en tenant compte de la variation de la consommation des abonnés au cours du temps. [20]

Le tableau 3 représente les coefficients de modulation calculés pour chaque heure et les débits horaires qui les correspondent en l/s.

Heures	Coefficient de modulation
00 :00	0,65
01 :00	0,60
02 :00	0,57
03 :00	0,59
04 :00	0,56

05 :00	0,51
06 :00	0,69
07 :00	0,89
08 :00	1,15
09 :00	1,46
10 :00	1,52
11 :00	1,59
12 :00	1,64
13 :00	1,47
14 :00	1,27
15 :00	1,17
16 :00	1,02
17 :00	1 ,13
18 :00	1,10
19 :00	1
20 :00	0,95
21 :00	0,89
22 :00	0,75
23 :00	0,71

Tableau V- 3 : Les coefficients de modulation

Ces coefficients doivent être introduits au niveau de la boîte de dialogue (figure14) pour obtenir la courbe de modulation.

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

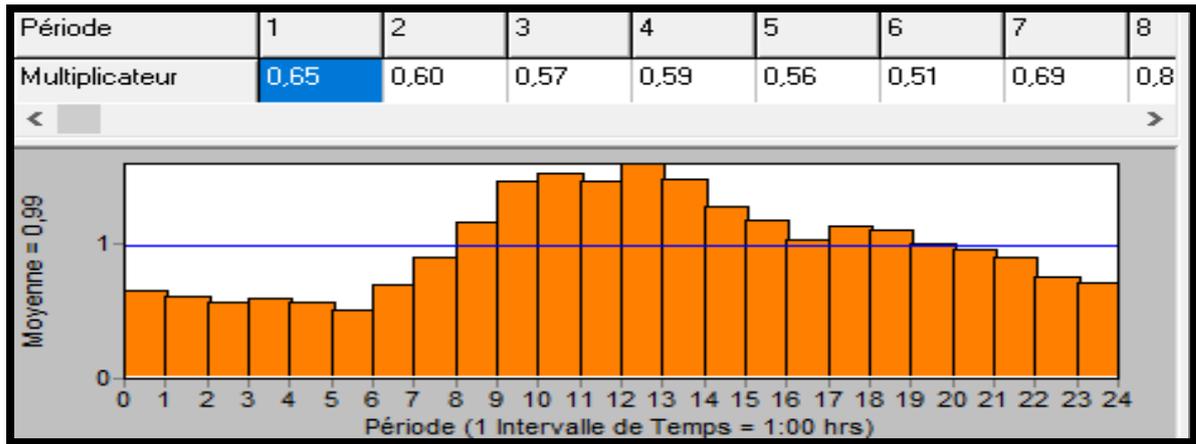


Figure V-14 : Courbe de modulation horaire

La courbe de modulation construite sera appliquée à tous les nœuds de demande. Après avoir introduit toutes les données appropriées aux nœuds et aux tronçons, l'étape suivante est la validation du modèle hydraulique, la simulation est révélée réussie comme la figure ci-dessous :

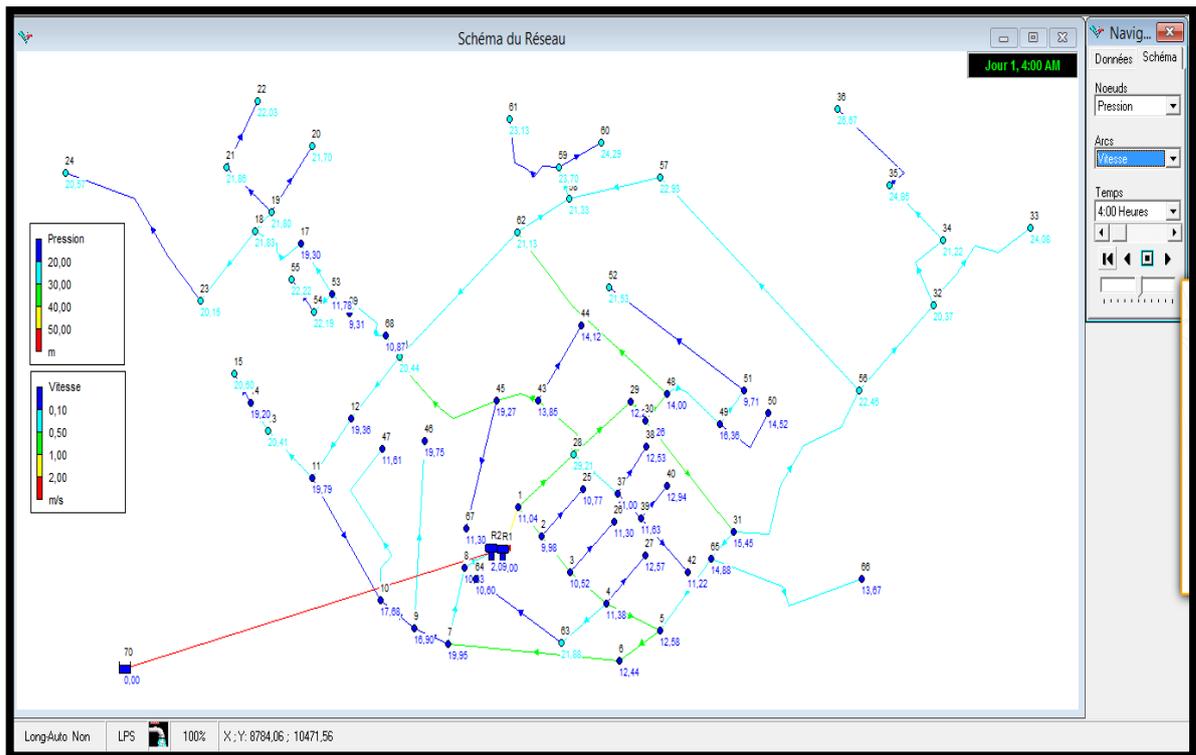


Figure V-15 : Schéma du système après la simulation (régime non permanent)

V-5.1. La qualité :

La modélisation de la qualité d'eau que nous avons adoptée et de calculer le temps de séjour de l'eau. En chaque point de réseau ensuite nous allons simuler la disparition de chlore dans le réseau tout en introduisant comme temps de séjour initial de 72 heures étant qualité initiale dans le réservoir. Les figures suivantes représentent l'état de la qualité de réseau et les résultats de la simulation en régime transitoire :

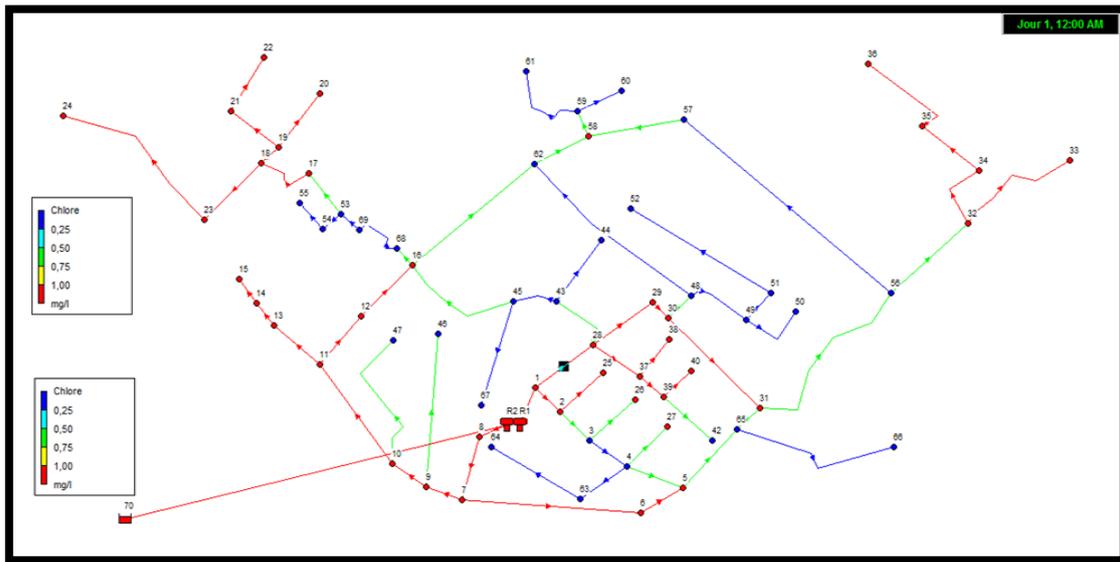


Figure V-16 : Schéma de l'état (qualité) du système après la simulation

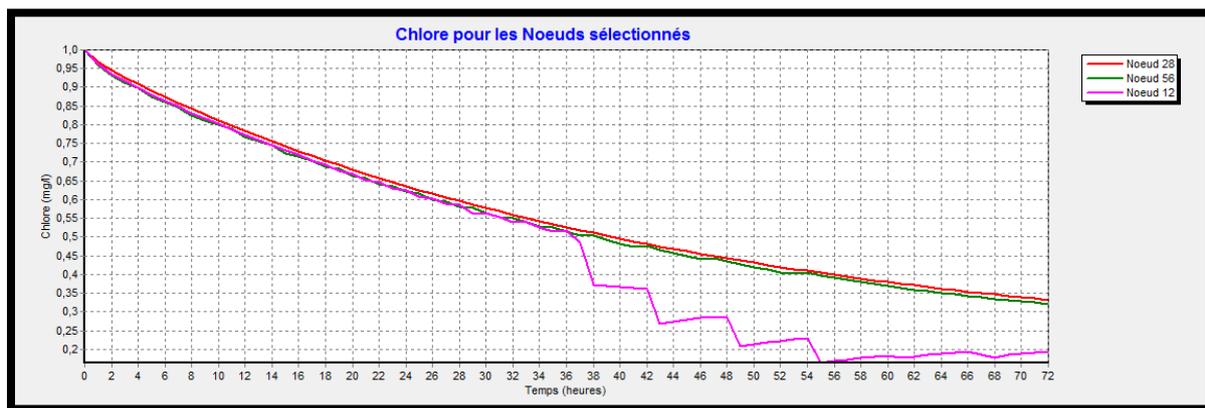


Figure V-17 : Evolution du Chlore pour les nœuds 28, 56, 12

Le taux de chlore libre acceptable est compris entre 0,1 et 1 mg/l. La (figure V.17) représente la courbe de distribution du chlore, elle montre que les nœuds du réseau présentent des taux de chlore libre qui varient entre 0.1 et 1 mg/l.

➤ Les Courbes de distribution :

La figure (18) montre les pertes de charges calculées en fonction de débits au niveau de la canalisation ainsi que le diamètre des tronçons considéré. La (figure 19) montre la répartition des pressions :

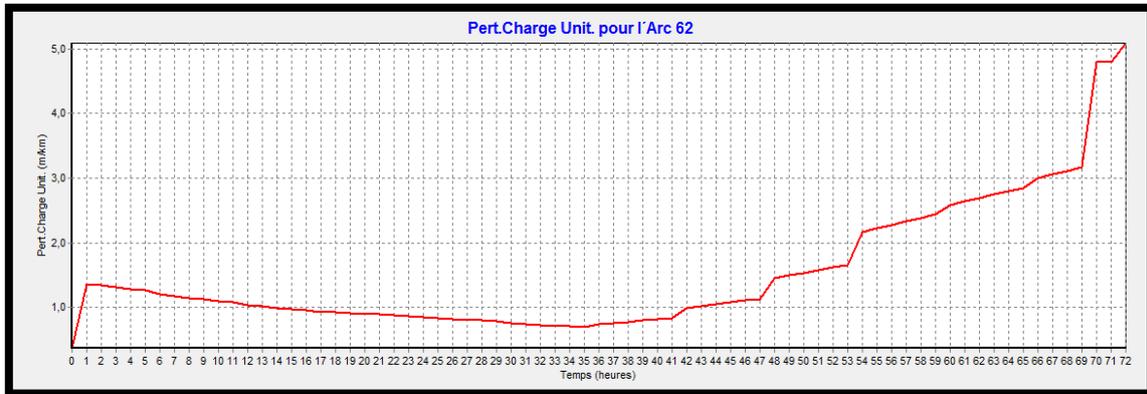


Figure V-18 : Distribution de pertes de charge

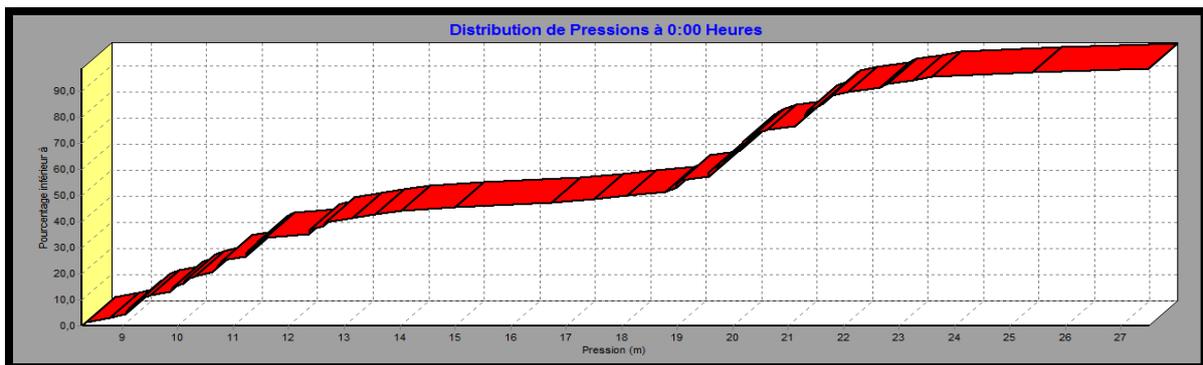


Figure V-19 : Distribution de pression

➤ Les Graphes d'évolution :

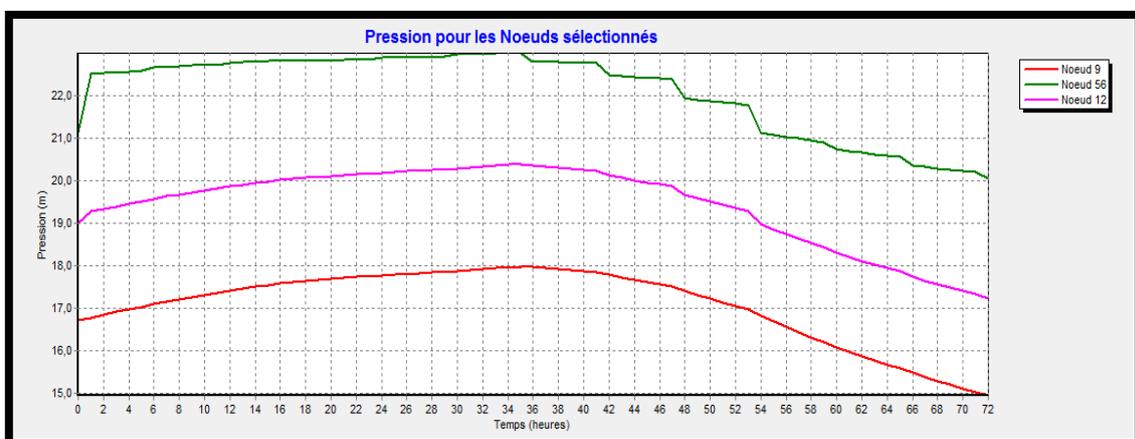


Figure V-20 : Pression pour les noeuds 9 ,12 ,56

➤ Les courbes de niveau :

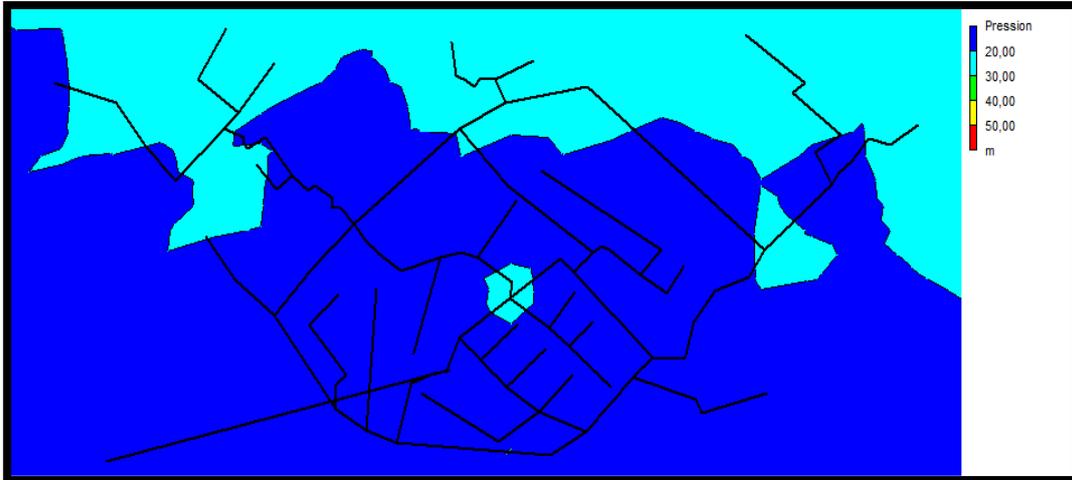


Figure V-21 : Courbe de niveau pression à 00 :00 heures



Figure V-22 : Courbe de niveau pression à 72 :00 heures

On remarque la variation les différentes courbes de niveau de la pression entre 0 :00 heure et 72 :00 heures (figure 18-19) certaines pressions sont inférieures à 10 m.c.e qui est à l'origine de la desserte limitée des abonnés, les pressions sont comprises dans la fourche 10 m et 30 m d'eau (dans les normes de distribution).

V.5.2. Vitesse moyenne de réaction :

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Le terme de masse se définit se rapporte aux réactions qui se produisent dans la masse du fluide tandis que le terme de paroi se rapporte aux réactions avec les parois des conduites. La réaction de la paroi est nulle.

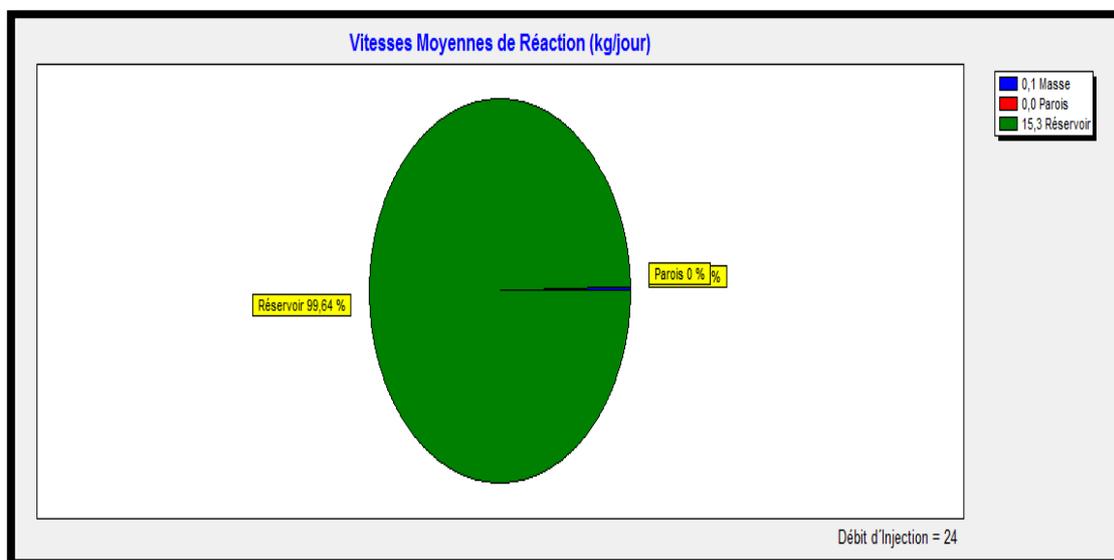


Figure V-23 : vitesse moyennes de réaction (kg/jour)

➤ **État des nœuds du Réseau :**

	Altitude	Qualité Initiale	Demande	Charge	Pression	Chlore
ID Noeud	m	mg/l	LPS	m	m	mg/l
Noeud 1	36,8	1	0,32	47,83	11,03	0,97
Noeud 2	37,64	1	0,38	47,60	9,96	0,97
Noeud 3	36,77	1	0,42	47,26	10,49	0,97
Noeud 4	35,73	1	0,37	47,06	11,33	0,96
Noeud 6	34,28	1	0,49	46,64	12,36	0,96
Noeud 7	26,15	1	0,56	45,95	19,80	0,96
Noeud 8	35,27	1	0,22	45,94	10,67	0,96

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurf

Noeud 9	29,2	1	0,50	45,95	16,75	0,96
Noeud 10	28,42	1	0,91	45,95	17,53	0,96
Noeud 11	26,32	1	0,60	45,95	19,63	0,96
Noeud 12	26,80	1	0,28	46,02	19,22	0,96
Noeud 13	25,68	1	0,24	45,94	20,26	0,96
Noeud 14	26,81	1	0,42	45,86	19,05	0,96
Noeud 15	25,38	1	0,27	45,83	20,45	0,96
Noeud 28	18,38	1	0,55	47,58	29,20	0,97
Noeud 29	35,20	1	0,27	47,42	12,22	0,97
Noeud 30	35,06	1	0,29	47,29	12,23	0,96
Noeud 31	31,71	1	0,92	47,12	15,41	0,96
Noeud 65	32,18	1	0,92	47,01	14,83	0,96
Noeud 43	33,41	1	0,46	47,22	13,81	0,97
Noeud 63	25,20	1	0,32	47,04	21,84	0,96
Noeud 64	36,46	1	0,25	47,01	10,55	0,96
Noeud 67	35,56	1	0,30	46,79	11,23	0,96
Noeud 47	34,38	1	0,45	45,84	11,46	0,96
Noeud 16	25,80	1	0,60	46,13	20,33	0,96
Noeud 46	26,29	1	0,38	45,88	19,59	0,96
Noeud 37	36,59	1	0,36	47,57	10,98	0,97
Noeud 38	35,04	1	0,20	47,56	12,52	0,96
Noeud 40	34,63	1	0,18	47,56	12,93	0,96

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Noeud 5	34,43	1	0,55	46,95	12,52	0,96
Noeud 66	33,24	1	0,50	46,86	13,62	0,96
Noeud 39	35,95	1	0,40	47,57	11,62	0,96
Noeud 48	33,12	1	0,55	47,08	13,96	0,96
Noeud 49	30,66	1	0,34	46,98	16,32	0,96
Noeud 51	37,29	1	0,29	46,96	9,67	0,96
Noeud 50	32,50	1	0,16	46,98	14,48	0,96
Noeud 44	33,11	1	0,28	47,19	14,08	0,96
Noeud 52	25,46	1	0,19	46,95	21,49	0,96
Noeud 62	25,46	1	0,85	46,51	21,05	0,96
Noeud 58	25,22	1	1,03	46,48	21,26	0,96
Noeud 56	24,47	1	1,79	46,89	22,42	0,96
Noeud 57	23,75	1	0,55	46,63	22,88	0,96
Noeud 59	22,82	1	0,57	46,45	23,63	0,96
Noeud 61	23,39	1	0,25	46,45	23,06	0,96
Noeud 60	22,23	1	0,12	46,45	24,22	0,96
Noeud 32	26,02	1	1,52	46,35	20,33	0,96
Noeud 33	22,17	1	0,49	46,21	24,04	0,96
Noeud 34	24,96	1	0,32	46,14	21,18	0,96
Noeud 35	21,24	1	0,45	46,05	24,81	0,96
Noeud 36	19,39	1	0,30	46,02	26,63	0,96
Noeud 45	27,62	1	0,70	46,83	19,21	0,96

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Noeud 68	35,33	1	0,41	46,09	10,76	0,96
Noeud 69	36,62	1	0,43	45,81	9,19	0,96
Noeud 53	34,12	1	0,30	45,78	11,66	0,96
Noeud 54	23,70	1	0,18	45,77	22,07	0,96
Noeud 17	26,38	1	0,29	45,57	19,19	0,96
Noeud 55	23,66	1	0,18	45,77	22,11	0,96
Noeud 18	23,78	1	0,31	45,49	21,71	0,96
Noeud 19	23,80	1	0,21	45,49	21,69	0,96
Noeud 20	23,90	1	0,10	45,49	21,59	0,96
Noeud 21	23,73	1	0,19	45,48	21,75	0,96
Noeud 22	23,56	1	0,09	45,47	21,91	0,96
Noeud 23	25,38	1	0,82	45,42	20,04	0,96
Noeud 24	24,92	1	0,60	45,37	20,45	0,96
Noeud 42	36,36	1	0,14	47,56	11,20	0,96
Noeud 26	35,98	1	0,20	47,25	11,27	0,96
Noeud 27	34,52	1	0,21	47,05	12,53	0,96
Noeud 25	36,84	1	0,18	47,60	10,76	0,96
Bâche 70	100	1	-273,65	100,00	0,00	1,00
Réservoir R1	44	1	239,35	48,00	4,00	0,97
Réservoir R2	44	1	4,88	45,93	1,93	0,96

Tableau V-4 : État des nœuds du Réseau à 2 :00heures

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

	Altitude	Demande	Pression	Chlore
ID Noeud	m	LPS	m	mg/l
Noeud 1	36,8	0,28	11,09	0,78
Noeud 2	37,64	0,33	10,10	0,78
Noeud 3	36,77	0,36	10,73	0,78
Noeud 4	35,73	0,32	11,64	0,78
Noeud 6	34,28	0,43	12,80	0,77
Noeud 7	26,15	0,49	20,46	0,77
Noeud 8	35,27	0,19	11,34	0,77
Noeud 9	29,2	0,44	17,41	0,76
Noeud 10	28,42	0,80	18,19	0,74
Noeud 11	26,32	0,52	20,30	0,77
Noeud 12	26,80	0,25	19,86	0,77
Noeud 13	25,68	0,21	20,93	0,77
Noeud 14	26,81	0,37	19,74	0,76
Noeud 15	25,38	0,23	21,14	0,75
Noeud 28	18,38	0,48	29,34	0,78
Noeud 29	35,20	0,23	12,41	0,78
Noeud 30	35,06	0,26	12,47	0,78
Noeud 31	31,71	0,80	15,70	0,78
Noeud 65	32,18	0,80	15,15	0,78
Noeud 43	33,41	0,40	14,07	0,78
Noeud 63	25,20	0,28	22,15	0,78
Noeud 64	36,46	0,22	10,87	0,77
Noeud 67	35,56	0,26	11,63	0,77
Noeud 47	34,38	0,39	12,15	0,73
Noeud 16	25,80	0,52	20,94	0,77
Noeud 46	26,29	0,33	20,27	0,76
Noeud 37	36,59	0,32	11,12	0,78
Noeud 38	35,04	0,18	12,66	0,77

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Noeud 40	34,63	0,16	13,07	0,76
Noeud 5	34,43	0,48	12,86	0,78
Noeud 66	33,24	0,44	13,98	0,77
Noeud 39	35,95	0,35	11,76	0,78
Noeud 48	33,12	0,48	14,26	0,78
Noeud 49	30,66	0,30	16,66	0,78
Noeud 51	37,29	0,25	10,01	0,78
Noeud 50	32,50	0,14	14,81	0,77
Noeud 44	33,11	0,25	14,35	0,77
Noeud 52	25,46	0,17	21,83	0,77
Noeud 62	25,46	0,75	21,54	0,78
Noeud 58	25,22	0,90	21,75	0,76
Noeud 56	24,47	1,57	22,78	0,77
Noeud 57	23,75	0,48	23,32	0,77
Noeud 59	22,82	0,50	24,13	0,75
Noeud 61	23,39	0,22	23,56	0,73
Noeud 60	22,23	0,10	24,72	0,74
Noeud 32	26,02	1,33	20,84	0,77
Noeud 33	22,17	0,43	24,58	0,76
Noeud 34	24,96	0,28	21,75	0,76
Noeud 35	21,24	0,39	25,41	0,76
Noeud 36	19,39	0,26	27,23	0,76
Noeud 45	27,62	0,61	19,60	0,78
Noeud 68	35,33	0,36	11,38	0,77
Noeud 69	36,62	0,38	9,90	0,76
Noeud 53	34,12	0,26	12,37	0,76
Noeud 54	23,70	0,15	22,79	0,76
Noeud 17	26,38	0,26	19,96	0,76
Noeud 55	23,66	0,15	22,82	0,75
Noeud 18	23,78	0,27	22,51	0,76
Noeud 19	23,80	0,18	22,48	0,76
Noeud 20	23,90	0,09	22,38	0,75

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Noeud 21	23,73	0,17	22,55	0,75
Noeud 22	23,56	0,08	22,72	0,75
Noeud 23	25,38	0,72	20,85	0,75
Noeud 24	24,92	0,53	21,28	0,74
Noeud 42	36,36	0,13	11,35	0,76
Noeud 26	35,98	0,18	11,51	0,77
Noeud 27	34,52	0,19	12,84	0,77
Noeud 25	36,84	0,15	10,89	0,77
Bâche 70	100	-321,87	0,00	1,00
Réservoir R1	44	291,85	4,00	0,79
Réservoir R2	44	4,23	2,60	0,62

Tableau V-5 : État des Nœuds du Réseau à 12:00 Heures

➤ **État des Arcs du Réseau :**

	Diamètre	Rugosité	Débit	Vitesse	Chlore	État
ID Arc	mm	mm	LPS	m/s	mg/l	
Tuyau 1	200	0,01	29,66	0,94	0,79	Ouvert
Tuyau 2	110	0,01	6,85	0,72	0,78	Ouvert
Tuyau 3	110	0,01	6,37	0,67	0,78	Ouvert
Tuyau 4	110	0,01	5,83	0,61	0,78	Ouvert
Tuyau 5	110	0,01	4,81	0,51	0,78	Ouvert
Tuyau 6	110	0,01	-5,69	0,60	0,78	Ouvert
Tuyau 7	110	0,01	-5,25	0,55	0,77	Ouvert
Tuyau 8	200	0,01	-3,86	0,12	0,76	Ouvert
Tuyau 9	200	0,01	-4,06	0,13	0,77	Ouvert
Tuyau 10	200	0,01	0,71	0,02	0,77	Ouvert

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 11	200	0,01	-0,06	0,00	0,76	Ouvert
Tuyau 12	200	0,01	-1,25	0,04	0,75	Ouvert
Tuyau 13	110	0,01	-2,59	0,27	0,77	Ouvert
Tuyau 15	63	0,01	0,60	0,19	0,76	Ouvert
Tuyau 16	63	0,01	0,23	0,07	0,76	Ouvert
Tuyau 17	110	0,01	-2,84	0,30	0,78	Ouvert
Tuyau 29	200	0,01	22,53	0,72	0,78	Ouvert
Tuyau 31	200	0,01	15,89	0,51	0,78	Ouvert
Tuyau 32	160	0,01	15,66	0,78	0,78	Ouvert
Tuyau 33	160	0,01	9,32	0,46	0,78	Ouvert
Tuyau 40	63	0,01	0,18	0,06	0,77	Ouvert
Tuyau 41	110	0,01	0,63	0,07	0,78	Ouvert
Tuyau 42	63	0,01	0,16	0,05	0,77	Ouvert
Tuyau 39	110	0,01	1,13	0,12	0,78	Ouvert
Tuyau 68	63	0,01	0,50	0,16	0,78	Ouvert
Tuyau 69	63	0,01	0,22	0,07	0,77	Ouvert
Tuyau 70	110	0,01	-1,35	0,14	0,77	Ouvert
Tuyau 71	90	0,01	-2,60	0,41	0,78	Ouvert
Tuyau 73	90	0,01	0,82	0,13	0,77	Ouvert
Tuyau 72	63	0,01	0,44	0,14	0,77	Ouvert
Tuyau 49	63	0,01	0,39	0,13	0,74	Ouvert
Tuyau 48	63	0,01	0,33	0,11	0,76	Ouvert

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 50	110	0,01	6,08	0,64	0,78	Ouvert
Tuyau 51	63	0,01	0,85	0,27	0,78	Ouvert
Tuyau 52	63	0,01	0,14	0,04	0,77	Ouvert
Tuyau 53	63	0,01	0,42	0,13	0,78	Ouvert
Tuyau 54	63	0,01	0,17	0,05	0,77	Ouvert
Tuyau 55	110	0,01	4,76	0,50	0,77	Ouvert
Tuyau 60	160	0,01	5,92	0,29	0,77	Ouvert
Tuyau 63	90	0,01	1,17	0,18	0,76	Ouvert
Tuyau 62	90	0,01	1,65	0,26	0,77	Ouvert
Tuyau 64	90	0,01	0,82	0,13	0,76	Ouvert
Tuyau 65	63	0,01	0,10	0,03	0,75	Ouvert
Tuyau 66	110	0,01	0,22	0,02	0,74	Ouvert
Tuyau 61	110	0,01	2,70	0,28	0,77	Ouvert
Tuyau 36	63	0,01	0,93	0,30	0,76	Ouvert
Tuyau 37	63	0,01	0,66	0,21	0,76	Ouvert
Tuyau 38	63	0,01	0,26	0,08	0,76	Ouvert
Tuyau 35	63	0,01	0,43	0,14	0,76	Ouvert
Tuyau 74	63	0,01	0,26	0,08	0,77	Ouvert
Tuyau 46	90	0,01	4,38	0,69	0,78	Ouvert
Tuyau 44	90	0,01	5,03	0,79	0,78	Ouvert
Tuyau 45	63	0,01	0,25	0,08	0,77	Ouvert
Tuyau 75	110	0,01	3,60	0,38	0,78	Ouvert

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 76	110	0,01	3,24	0,34	0,77	Ouvert
Tuyau 77	110	0,01	2,87	0,30	0,76	Ouvert
Tuyau 58	63	0,01	0,31	0,10	0,76	Ouvert
Tuyau 57	90	0,01	-2,30	0,36	0,76	Ouvert
Tuyau 59	63	0,01	0,15	0,05	0,75	Ouvert
Tuyau 19	90	0,01	2,04	0,32	0,76	Ouvert
Tuyau 20	63	0,01	0,52	0,17	0,76	Ouvert
Tuyau 21	63	0,01	0,09	0,03	0,75	Ouvert
Tuyau 22	63	0,01	0,25	0,08	0,75	Ouvert
Tuyau 23	63	0,01	0,08	0,03	0,75	Ouvert
Tuyau 24	90	0,01	1,25	0,20	0,75	Ouvert
Tuyau 25	90	0,01	0,53	0,08	0,75	Ouvert
Tuyau 43	63	0,01	0,13	0,04	0,77	Ouvert
Tuyau 27	63	0,01	0,18	0,06	0,77	Ouvert
Tuyau 28	63	0,01	0,19	0,06	0,77	Ouvert
Tuyau 26	63	0,01	0,15	0,05	0,77	Ouvert
Tuyau 47	90	0,01	3,51	0,55	0,78	Ouvert
Tuyau 56	110	0,01	3,46	0,36	0,77	Ouvert
Tuyau 67	90	0,01	-0,55	0,09	0,77	Ouvert
Tuyau 78	250	0,01	273,65	5,57	1,00	Ouvert

Tableau V-6 : État des arcs du Réseau à 2 :00 Heures

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

	Longueur	Diamètre	Rugosité	Débit	Vitesse	Chlore
ID Arc	m	mm	mm	LPS	m/s	mg/l
Tuyau 1	29	200	0,01	18,41	0,59	1,00
Tuyau 2	32	110	0,01	3,37	0,35	1,00
Tuyau 3	55	110	0,01	2,82	0,30	0,50
Tuyau 4	37	110	0,01	2,20	0,23	0,00
Tuyau 5	29	110	0,01	1,04	0,11	0,50
Tuyau 6	61	110	0,01	1,67	0,18	1,00
Tuyau 7	152	110	0,01	2,16	0,23	1,00
Tuyau 8	36	200	0,01	11,01	0,35	1,00
Tuyau 9	58	200	0,01	10,79	0,34	1,00
Tuyau 10	30	200	0,01	8,06	0,26	1,00
Tuyau 11	24	200	0,01	7,19	0,23	1,00
Tuyau 12	173	200	0,01	5,83	0,19	1,00
Tuyau 13	51	110	0,01	4,30	0,45	1,00
Tuyau 15	68	63	0,01	0,69	0,22	1,00
Tuyau 16	114	63	0,01	0,27	0,09	1,00
Tuyau 17	68	110	0,01	4,02	0,42	1,00
Tuyau 29	76	200	0,01	14,72	0,47	1,00
Tuyau 31	91	200	0,01	10,04	0,32	1,00
Tuyau 32	24	160	0,01	9,78	0,49	1,00
Tuyau 33	88	160	0,01	5,95	0,30	1,00
Tuyau 40	86	63	0,01	0,20	0,06	1,00
Tuyau 41	32	110	0,01	0,72	0,08	1,00
Tuyau 42	78	63	0,01	0,18	0,06	1,00
Tuyau 39	37	110	0,01	1,29	0,14	1,00
Tuyau 68	30	63	0,01	0,57	0,18	0,00
Tuyau 69	108	63	0,01	0,25	0,08	0,00
Tuyau 70	145	110	0,01	2,17	0,23	0,50
Tuyau 71	34	90	0,01	0,75	0,12	0,50
Tuyau 73	34	90	0,01	0,93	0,15	1,00

Chapitre 05 : Simulation du réseau d'AEP de la commune d'El-Cheurfa

Tuyau 72	214	63	0,01	0,50	0,16	0,00
Tuyau 49	194	63	0,01	0,45	0,14	0,50
Tuyau 48	161	63	0,01	0,38	0,12	0,50
Tuyau 50	37	110	0,01	3,53	0,37	0,50
Tuyau 51	42	63	0,01	0,97	0,31	0,00
Tuyau 52	67	63	0,01	0,16	0,05	0,00
Tuyau 53	36	63	0,01	0,47	0,15	0,00
Tuyau 54	82	63	0,01	0,19	0,06	0,00
Tuyau 55	156	110	0,01	2,02	0,21	0,00
Tuyau 60	273	160	0,01	5,79	0,29	0,50
Tuyau 63	189	90	0,01	0,37	0,06	0,50
Tuyau 62	189	90	0,01	0,93	0,15	0,00
Tuyau 64	85	90	0,01	0,94	0,15	0,50
Tuyau 65	49	63	0,01	0,12	0,04	0,00
Tuyau 66	110	110	0,01	0,25	0,03	0,00
Tuyau 61	445	110	0,01	3,07	0,32	0,50
Tuyau 36	75	63	0,01	1,07	0,34	1,00
Tuyau 37	63	63	0,01	0,75	0,24	1,00
Tuyau 38	129	63	0,01	0,30	0,10	1,00
Tuyau 35	210	63	0,01	0,49	0,16	1,00
Tuyau 74	128	63	0,01	0,30	0,10	0,00
Tuyau 46	46	90	0,01	2,10	0,33	0,00
Tuyau 44	32	90	0,01	2,85	0,45	0,50
Tuyau 45	120	63	0,01	0,28	0,09	0,00
Tuyau 75	19	110	0,01	4,11	0,43	0,50
Tuyau 76	158	110	0,01	3,70	0,39	0,00
Tuyau 77	25	110	0,01	3,27	0,34	0,00
Tuyau 58	18	63	0,01	0,35	0,11	0,00
Tuyau 57	86	90	0,01	-2,62	0,41	0,50
Tuyau 59	76	63	0,01	0,18	0,06	0,00
Tuyau 19	39	90	0,01	2,33	0,37	1,00
Tuyau 20	5	63	0,01	0,59	0,19	1,00

Tuyau 21	41	63	0,01	0,10	0,03	1,00
Tuyau 22	44	63	0,01	0,29	0,09	1,00
Tuyau 23	39	63	0,01	0,09	0,03	1,00
Tuyau 24	91	90	0,01	1,42	0,22	1,00
Tuyau 25	260	90	0,01	0,60	0,10	1,00
Tuyau 43	61	63	0,01	0,14	0,05	0,50
Tuyau 27	86	63	0,01	0,20	0,06	0,50
Tuyau 28	92	63	0,01	0,21	0,07	0,50
Tuyau 26	74	63	0,01	0,18	0,06	1,00
Tuyau 47	124	90	0,01	1,11	0,17	0,50
Tuyau 56	185	110	0,01	-0,43	0,04	0,50
Tuyau 67	166	90	0,01	-1,59	0,25	0,50
Tuyau 78	500	250	0,01	278,94	5,68	1,00

Tableau V-7 : État des arcs du Réseau à 12 :00 Heures

V.6.Cas de pointe et incendie :

Dans ce cas le calcul se fait de la même manière que le cas de pointe mais seulement on doit s'assurer que le débit d'incendie donné par le réservoir se trouve au point le plus défavorable, le choix de ce nœud doit tenir compte des facteurs suivants :

- Risque d'incendie important ;
- La densité d'habitation ;
- L'équipement des immeubles. [21]

Pour notre cas on choisit le nœud 11 et nœud 48 alors

Un poteau d'incendie et proposé au niveau de chacun de ces deux nœuds. Le débit de pointe

En cas d'incendie est donné comme suit :

$$Q_d = Q_p + Q_{inc}$$

$$Q_{d48} = 0,86 + 17 = 17,86 \text{ l/s}$$

$$Q_{d11} = 0,92 + 17 = 17,92 \text{ l/s}$$

Avec :

Q_d : débit de pointe en cas d'incendie

Q_{inc} : débit d'incendie est de (17 l/s)

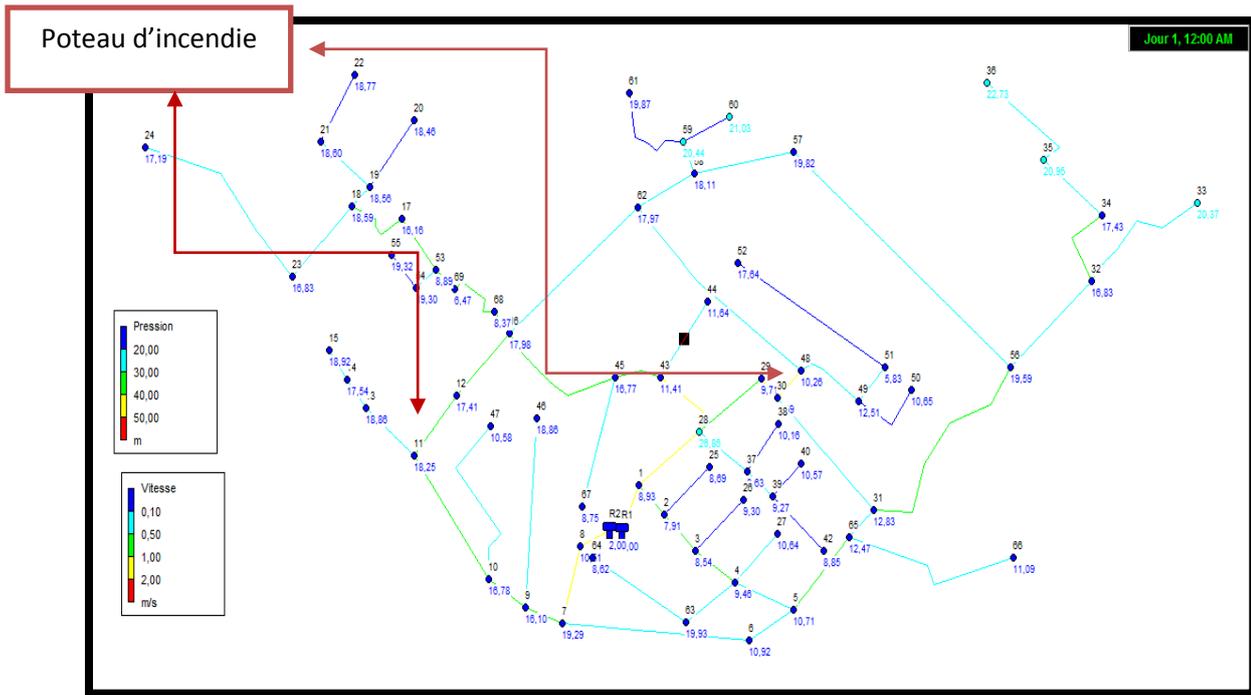


Figure V-24 : Résultat de la simulation du réseau en cas d'incendie

V.7.Redimensionnement du réseau avec des diamètres normalisés immédiatement inférieurs :

Vu que la majorité des résultats des vitesses sont faibles, il est recommandé de diminuer les diamètres des conduites. A cet effet nous avons obtenu les résultats suivant après diminution des diamètres .

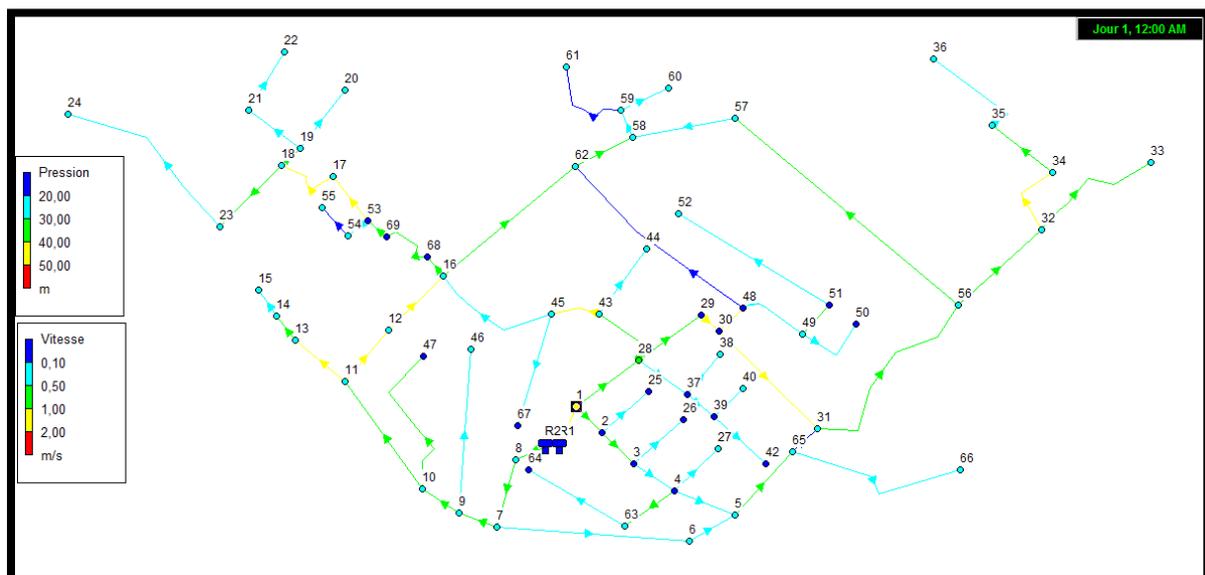


Figure V-25 : simulation du réseau (pression –vitesse) après diminution des diamètres

Conclusion :

Le modèle obtenu permet l'analyse de la pression, le débit, vitesse et de la qualité de l'eau par la concentration du chlore dans les différents points du réseau. On remarque aussi la qualité s'abaisse en fonction du temps lors de la simulation dynamique. L'analyse du fonctionnement du réseau durant la journée, montre que certaines pressions et vitesses sont faibles dans certains nœuds ceci est dû à certaines conduites manquantes, le surdimensionnement du réseau. La pression moyenne varie de 1 bar à 2.5 bars. L'analyse de ces résultats montre aussi qu'en certains points les pressions fluctuent autour de la fourchette 2 bars à 3 bars. Lorsqu'on procède au changement de diamètre immédiatement inférieur dans la gamme des diamètres PEHD normalisés on obtient des valeurs de vitesses et pressions conformes aux normes hydrauliques. Il faut aussi noter que le réseau est efficace pour combattre l'incendie.

Conclusion générale :

La simulation hydraulique n'est pas seulement un outil de calcul et de dimensionnement rapide et efficace, mais un moyen indispensable pour la conception, analyse, planification et gestion rationnelle des réseaux. Ce projet a été réalisé en plusieurs étapes. Les données et les valeurs des composants physiques (conduites, réservoirs, nœuds, etc ...) et non physiques (courbes de modulation) du système de distribution d'eau de la commune d'El-Cheurfa nous ont servis pour réaliser le modèle Epanet de ce système de distribution. Ce travail a consisté à réaliser une modélisation hydraulique et de qualité d'eau par un logiciel et notre choix a été fait sur le modèle Epanet, ce modèle du comportement hydraulique des réseaux sous pression a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement de l'eau dans le système de distribution, il permet aussi l'analyse de la pression et dégage les zones marquées par des surpressions ainsi que celles qui représentent des fluctuations. Pour le débit il permet de déterminer les variations des consommations en fonction du temps et du période de la journée. Ce modèle facilite aussi le suivi de la concentration du chlore en tout point du réseau. La simulation du modèle a été exécutée avec succès ce qui nous a permis d'établir un état des paramètres hydrauliques sur tout le réseau, et nous a aidé à bien comprendre le fonctionnement de notre système. Les résultats obtenus lors de la simulation du fonctionnement du réseau d'AEP de la zone d'El-Cheurfa sous le logiciel de simulation Epanet, on remarque suivant les résultats que notre zone d'étude subit à des pressions acceptables dans la majorité des points (nœuds) de la région, **80%** des valeurs de pressions sont entre **10m et 25m** et **20%** des pressions fluctuent entre **7m à 10m**, et pour les vitesses, plus de **60%** des conduites leurs vitesses varient de **0.1 à 0.5 m/s** et moins de **40%** des conduites varient de **0.5 jusqu'à 2 m/s**. Notons que les vitesses faibles favorisent des dépôts dans les conduites de distribution, et les fortes pressions nous donnent des pertes de charge considérables et fatiguent les joints ce qui diminuent la durée de vie des canalisations. A la lumière de ces résultats et états des réseaux, les recommandations à apporter pour l'amélioration du bon fonctionnement de ce réseau sont :

-  la géométrie du réseau est à revoir.
-  Suivi des opérations de réhabilitation du réseau qui doivent être indispensables et il est possible de changer le réseau en diamètre immédiatement inférieur dans la gamme des diamètres en PEHD normalisés.

Conclusion générale

Enfin, les résultats restent acceptables du point de vue hydraulique. L'opération de réhabilitation est indispensable afin d'avoir des caractéristiques hydrauliques satisfaisantes pour les vitesses et les pressions.

En perspective nous préconisons l'utilisation d'un autre logiciel de modélisation afin de comparer les résultats obtenus et un calage de ce modèle pourra nous donner de meilleurs résultats sur le modèle et les résultats de cette modélisation.

La modélisation réalisée sous Epanet permet donc de caractériser l'état actuel du fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable et facilite la programmation de l'intervention pouvant être effectuée en tout point du réseau. Il reste un outil de contrôle qui offre aux exploitants du réseau une méthode performante de gestion, disposant d'une base de données relationnelle pouvant être interrogée à tout instant.

Références bibliographiques :

Chapitre1 :

- [1] **Ahmed Zerfaoui**, 2017, Modélisation du réseau d'AEP de la ville de Cheria, Mémoire de Master, Université Larbi Tébessa.
- [2] **Bontempi.G et L.Lerman**, 2015, Modélisation et simulation, Département informatique, Université libre de Bruxelles, Belgique, 29 p.
- [3] **Abdel Baki Cherifa**, 2014, Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG - Cas du Groupement Urbain de Tlemcen -, Mémoire de doctorat, Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen.
- [4] **Angelbert Biaou**, 2011, Modélisation et simulation des réseaux hydrauliques.
- [5] **Abdelouahab Lefkir**, Contribution à l'optimisation des réseaux de distribution d'eau, Mémoire de magister, Ecole Nationale Polytechnique Alger.
- [6] <https://www.bentley.com/fr/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad> [En ligne].
- [7] <http://www.safege.com/innovation-2/modelisation> [En ligne].
- [8] <http://www.innovyze.com/products/h2onet/> [En ligne].
- [9] **Générale des eaux**, 2003, EPANET 2.0: Manuel de l'utilisateur, version française, 222 p.
- [10] **Marie-Dominique Bogui Behi**, 2017, Etude complète du réseau d'adduction en eau potable de la cité « les rives d'Eburnie » de 200 Ha sise à Grand – Bassam en Côte d'Ivoire.
- [11] **Qhaim, Ghoul Ibrahim et Haridi**, 2017, Modélisation du réseau d'AEP de Hammam Debagh, Mémoire de master2, Université 08Mai45 Guelma .

Chapitre2 :

- [12] **Zahra Abekhti et Harid Loobna**, 2018, Modélisation d'un réseau d'AEP par deux logiciels avec élaboration d'un SIG, Mémoire de master2, Université 08Mai45 Guelma
- [13] **Youcef Chettouh et Fateh Ouellabi**, 2015, Dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route Touggourt –El oued -. Mémoire de fin d'études d'ingénieur en hydraulique.
- [14] **Baout Abd Raouf**, 2018, réhabilitation du réseau d'AEP 'POS Sud de la ville de Guelma, Mémoire de master2, Université 08Mai45 Guelma.
- [15] **J.Bonin** : «Aide-mémoire d'Hydraulique Urbaine». Collection de la direction des études et de la recherche d'électricité de France, Edition EYROLLES, 1982.

Chapitre 3 :

[16] **Laala Bouali Oussama**, 2017, Diagnostic et Fiabilité du réseau de distribution de la zone Plaine Ouest – Annaba, mémoire d'ingénieur Master 2, Université Badji Mokhtar-Annaba.

[17] **Direction des ressources en eau (DRE/Annaba)**.

Chapitre 4 :

[18] **Cours classique Master2**, Distribution et collecte des eaux urbaines, 2019, Dorbani.M, université 08Mai45 Guelma.

Chapitre 5 :

[19] **Fatima Zohra, Chouiter Sara & Saim**, 2017, simulation par le logiciel Epanet/Porteau d'un réseau d'alimentation en eau potable de secteur Imama willaya de Tlemcen.

[20] **Ouazine Khaled Meghara Said**, 2016, alimentation en eau potable des plans d'occupation du sol et de la rive gauche de l'oued Amizour wilaya Bejaia à partir d'un réservoir 2500 m³, Mémoire de Master2, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia.

[21] **Zanzouni Yasmine et S.Ghita**, 2018, modélisation hydraulique et de qualité d'eau d'un réseau d'alimentation en eau potable par Epanet Marrakech (Maroc), Licence eau et environnement, Université Cadi Ayyad de Marrakech.

11/05/2019 18:54:14

E P A N E T**Analyse Hydraulique et Qualitative****Pour les Réseaux sous Pression****Version 2.0****Version française: Copyright Générale des Eaux****Traduit par Group REDHISP, Univ. Polyt. Valencia (Espagne)**

Fichier d'Entrée : **chorfa - 2.np net.NET**➤ **Résultats aux nœuds à 0:00 Heures:**

ID	Demande	Charge	Pression	Qualité
Nœud	LPS	m	m	mg/l
1	0,32	45,95	9,15	1,00
2	0,38	45,90	8,26	1,00
3	0,42	45,85	9,08	1,00
4	0,37	45,82	10,09	1,00
6	0,49	45,84	11,56	1,00
7	0,56	45,94	19,79	1,00
8	0,22	45,98	10,71	1,00
9	0,50	45,93	16,73	1,00
10	0,91	45,92	17,50	1,00
11	0,60	45,88	19,56	1,00
12	0,28	45,77	18,97	1,00

ANNEXE

13	0,24	45,87	20,19	1,00
14	0,42	45,79	18,98	1,00
15	0,27	45,76	20,38	1,00
28	0,55	45,86	27,48	1,00
29	0,27	45,81	10,61	1,00
30	0,29	45,77	10,71	1,00
31	0,92	45,71	14,00	1,00
65	0,92	45,72	13,54	1,00
43	0,46	45,77	12,36	1,00
63	0,32	45,79	20,59	1,00
64	0,25	45,77	9,31	1,00
67	0,30	45,66	10,10	1,00
47	0,45	45,81	11,43	1,00
16	0,60	45,63	19,83	1,00
46	0,38	45,86	19,57	1,00
37	0,36	45,85	9,26	1,00
38	0,20	45,84	10,80	1,00
40	0,18	45,84	11,21	1,00
5	0,55	45,82	11,39	1,00
66	0,50	45,57	12,33	1,00
39	0,40	45,85	9,90	1,00
48	0,55	45,71	12,59	1,00
49	0,34	45,62	14,96	1,00
51	0,29	45,59	8,30	1,00
50	0,16	45,61	13,11	1,00
44	0,28	45,74	12,63	1,00
52	0,19	45,58	20,12	1,00
62	0,85	45,62	20,16	1,00
58	1,03	45,46	20,24	1,00
56	1,79	45,54	21,07	1,00
57	0,55	45,47	21,72	1,00
59	0,57	45,43	22,61	1,00

ANNEXE

61	0,25	45,43	22,04	1,00	
60	0,12	45,43	23,20	1,00	
32	1,52	45,00	18,98	1,00	
33	0,49	44,86	22,69	1,00	
34	0,32	44,79	19,83	1,00	
35	0,45	44,70	23,46	1,00	
36	0,30	44,67	25,28	1,00	
45	0,70	45,69	18,07	1,00	
68	0,41	45,59	10,26	1,00	
69	0,43	45,32	8,70	1,00	
53	0,30	45,28	11,16	1,00	
54	0,18	45,28	21,58	1,00	
17	0,29	45,07	18,69	1,00	
55	0,18	45,27	21,61	1,00	
18	0,31	45,00	21,22	1,00	
19	0,21	44,99	21,19	1,00	
20	0,10	44,99	21,09	1,00	
21	0,19	44,98	21,25	1,00	
22	0,09	44,98	21,42	1,00	
23	0,82	44,92	19,54	1,00	
24	0,60	44,88	19,96	1,00	
42	0,14	45,85	9,49	1,00	
26	0,20	45,83	9,85	1,00	
27	0,21	45,81	11,29	1,00	
25	0,18	45,90	9,06	1,00	
70	-278,94	100,00	0,00	1,00	Bâche
R1	260,53	46,00	2,00	1,00	Réservoir
R2	-11,01	46,00	2,00	1,00	Réservoir

ANNEXE

➤ Résultats aux arcs à 0:00 Heures:

ID	Débit	Vitesse	P.Charge	U. État
Arc	LPS	m/s	m/km	
1	18,41	0,59	1,76	Ouvert
2	3,37	0,35	1,45	Ouvert
3	2,82	0,30	1,04	Ouvert
4	2,20	0,23	0,66	Ouvert
5	1,04	0,11	0,17	Ouvert
6	1,67	0,18	0,40	Ouvert
7	2,16	0,23	0,64	Ouvert
8	11,01	0,35	0,67	Ouvert
9	10,79	0,34	0,65	Ouvert
10	8,06	0,26	0,38	Ouvert
11	7,19	0,23	0,31	Ouvert
12	5,83	0,19	0,21	Ouvert
13	4,30	0,45	2,28	Ouvert
15	0,69	0,22	1,24	Ouvert
16	0,27	0,09	0,23	Ouvert
17	4,02	0,42	2,01	Ouvert
29	14,72	0,47	1,15	Ouvert
31	10,04	0,32	0,57	Ouvert
32	9,78	0,49	1,63	Ouvert
33	5,95	0,30	0,65	Ouvert
40	0,20	0,06	0,14	Ouvert
41	0,72	0,08	0,09	Ouvert
42	0,18	0,06	0,11	Ouvert
39	1,29	0,14	0,25	Ouvert
68	0,57	0,18	0,89	Ouvert
69	0,25	0,08	0,21	Ouvert
70	2,17	0,23	0,65	Ouvert
71	0,75	0,12	0,26	Ouvert

ANNEXE

73	0,93	0,15	0,37	Ouvert
72	0,50	0,16	0,70	Ouvert
49	0,45	0,14	0,58	Ouvert
48	0,38	0,12	0,43	Ouvert
50	3,53	0,37	1,58	Ouvert
51	0,97	0,31	2,31	Ouvert
52	0,16	0,05	0,07	Ouvert
53	0,47	0,15	0,64	Ouvert
54	0,19	0,06	0,12	Ouvert
55	2,02	0,21	0,57	Ouvert
60	5,79	0,29	0,62	Ouvert
63	0,37	0,06	0,08	Ouvert
62	0,93	0,15	0,37	Ouvert
64	0,94	0,15	0,38	Ouvert
65	0,12	0,04	0,03	Ouvert
66	0,25	0,03	0,01	Ouvert
61	3,07	0,32	1,22	Ouvert
36	1,07	0,34	2,75	Ouvert
37	0,75	0,24	1,44	Ouvert
38	0,30	0,10	0,28	Ouvert
35	0,49	0,16	0,67	Ouvert
74	0,30	0,10	0,28	Ouvert
46	2,10	0,33	1,64	Ouvert
44	2,85	0,45	2,87	Ouvert
45	0,28	0,09	0,25	Ouvert
75	4,11	0,43	2,09	Ouvert
76	3,70	0,39	1,72	Ouvert
77	3,27	0,34	1,37	Ouvert
58	0,35	0,11	0,38	Ouvert
57	-2,62	0,41	2,46	Ouvert
59	0,18	0,06	0,10	Ouvert
19	2,33	0,37	1,98	Ouvert

ANNEXE

20	0,59	0,19	0,95	Ouvert
21	0,10	0,03	0,03	Ouvert
22	0,29	0,09	0,26	Ouvert
23	0,09	0,03	0,02	Ouvert
24	1,42	0,22	0,81	Ouvert
25	0,60	0,10	0,18	Ouvert
43	0,14	0,05	0,05	Ouvert
27	0,20	0,06	0,14	Ouvert
28	0,21	0,07	0,16	Ouvert
26	0,18	0,06	0,10	Ouvert
47	1,11	0,17	0,51	Ouvert
56	-0,43	0,04	0,04	Ouvert
67	-1,59	0,25	0,99	Ouvert
78	278,94	5,68	108,00	Ouvert

➤ **Résultats aux nœuds à 12:00 Heures:**

ID	Demande	Charge	Pression	Qualité
Noeud	LPS	m	m	mg/l
1	0,28	47,87	11,07	0,78
2	0,33	47,70	10,06	0,78
3	0,36	47,44	10,67	0,78
4	0,32	47,29	11,56	0,78
6	0,43	46,98	12,70	0,77
7	0,49	46,47	20,32	0,77
8	0,19	46,47	11,20	0,76
9	0,44	46,47	17,27	0,76
10	0,80	46,47	18,05	0,74
11	0,52	46,48	20,16	0,77
12	0,25	46,52	19,72	0,77
13	0,21	46,47	20,79	0,77

ANNEXE

14	0,37	46,40	19,59	0,77
15	0,23	46,38	21,00	0,75
28	0,48	47,68	29,30	0,78
29	0,23	47,56	12,36	0,78
30	0,26	47,46	12,40	0,78
31	0,80	47,33	15,62	0,78
65	0,80	47,25	15,07	0,78
43	0,40	47,41	14,00	0,78
63	0,28	47,27	22,07	0,78
64	0,22	47,25	10,79	0,77
67	0,26	47,09	11,53	0,77
47	0,39	46,38	12,00	0,73
16	0,52	46,59	20,79	0,78
46	0,33	46,42	20,13	0,76
37	0,32	47,67	11,08	0,78
38	0,18	47,66	12,62	0,77
40	0,16	47,66	13,03	0,76
5	0,48	47,21	12,78	0,78
66	0,44	47,13	13,89	0,77
39	0,35	47,67	11,72	0,78
48	0,48	47,30	14,18	0,78
49	0,30	47,23	16,57	0,78
51	0,25	47,21	9,92	0,77
50	0,14	47,22	14,72	0,77
44	0,25	47,39	14,28	0,77
52	0,17	47,20	21,74	0,77
62	0,75	46,87	21,41	0,77
58	0,90	46,85	21,63	0,76
56	1,57	47,16	22,69	0,77
57	0,48	46,96	23,21	0,77
59	0,50	46,82	24,00	0,75
61	0,22	46,82	23,43	0,73

ANNEXE

60	0,10	46,82	24,59	0,74
32	1,33	46,73	20,71	0,76
33	0,43	46,62	24,45	0,76
34	0,28	46,57	21,61	0,76
35	0,39	46,49	25,25	0,76
36	0,26	46,46	27,07	0,75
45	0,61	47,12	19,50	0,78
68	0,36	46,56	11,23	0,77
69	0,38	46,35	9,73	0,77
53	0,26	46,32	12,20	0,77
54	0,15	46,32	22,62	0,77
17	0,26	46,16	19,78	0,77
55	0,15	46,31	22,65	0,75
18	0,27	46,09	22,31	0,77
19	0,18	46,09	22,29	0,77
20	0,09	46,09	22,19	0,75
21	0,17	46,08	22,35	0,75
22	0,08	46,08	22,52	0,75
23	0,72	46,04	20,66	0,76
24	0,53	46,00	21,08	0,74
42	0,13	47,67	11,31	0,76
26	0,18	47,43	11,45	0,77
27	0,19	47,28	12,76	0,77
25	0,15	47,70	10,86	0,77
70	-273,65	100,00	0,00	1,00 Bâche
R1	243,99	48,00	4,00	0,79 Réservoir
R2	3,86	46,46	2,46	0,62 Réservoir

➤ Résultats aux arcs à 12:00 Heures:

ANNEXE

ID	Débit	Vitesse	P.Charge.	État
Arcs	LPS	m/s	m/km	
1	29,66	0,94	4,33	Ouvert
2	6,85	0,72	5,45	Ouvert
3	6,37	0,67	4,74	Ouvert
4	5,83	0,61	4,01	Ouvert
5	4,81	0,51	2,81	Ouvert
6	-5,69	0,60	3,83	Ouvert
7	-5,25	0,55	3,31	Ouvert
8	-3,86	0,12	0,10	Ouvert
9	-4,06	0,13	0,11	Ouvert
10	0,71	0,02	0,01	Ouvert
11	-0,06	0,00	0,00	Ouvert
12	-1,25	0,04	0,01	Ouvert
13	-2,59	0,27	0,90	Ouvert
15	0,60	0,19	0,98	Ouvert
16	0,23	0,07	0,18	Ouvert
17	-2,84	0,30	1,06	Ouvert
29	22,53	0,72	2,57	Ouvert
31	15,89	0,51	1,33	Ouvert
32	15,66	0,78	3,95	Ouvert
33	9,32	0,46	1,49	Ouvert
40	0,18	0,06	0,10	Ouvert
41	0,63	0,07	0,07	Ouvert
42	0,16	0,05	0,08	Ouvert
39	1,13	0,12	0,20	Ouvert
68	0,50	0,16	0,70	Ouvert
69	0,22	0,07	0,17	Ouvert
70	-1,35	0,14	0,28	Ouvert
71	-2,60	0,41	2,42	Ouvert
73	0,82	0,13	0,30	Ouvert
72	0,44	0,14	0,56	Ouvert

ANNEXE

49	0,39	0,13	0,46	Ouvert
48	0,33	0,11	0,34	Ouvert
50	6,08	0,64	4,35	Ouvert
51	0,85	0,27	1,82	Ouvert
52	0,14	0,04	0,05	Ouvert
53	0,42	0,13	0,51	Ouvert
54	0,17	0,05	0,09	Ouvert
55	4,76	0,50	2,74	Ouvert
60	5,92	0,29	0,64	Ouvert
63	1,17	0,18	0,57	Ouvert
62	1,65	0,26	1,06	Ouvert
64	0,82	0,13	0,30	Ouvert
65	0,10	0,03	0,03	Ouvert
66	0,22	0,02	0,01	Ouvert
61	2,70	0,28	0,96	Ouvert
36	0,93	0,30	2,16	Ouvert
37	0,66	0,21	1,14	Ouvert
38	0,26	0,08	0,23	Ouvert
35	0,43	0,14	0,53	Ouvert
74	0,26	0,08	0,23	Ouvert
46	4,38	0,69	6,42	Ouvert
44	5,03	0,79	8,33	Ouvert
45	0,25	0,08	0,20	Ouvert
75	3,60	0,38	1,64	Ouvert
76	3,24	0,34	1,35	Ouvert
77	2,87	0,30	1,08	Ouvert
58	0,31	0,10	0,30	Ouvert
57	-2,30	0,36	1,93	Ouvert
59	0,15	0,05	0,07	Ouvert
19	2,04	0,32	1,55	Ouvert
20	0,52	0,17	0,75	Ouvert
21	0,09	0,03	0,02	Ouvert



Figure 2 : Entrée du réservoir (le portail)

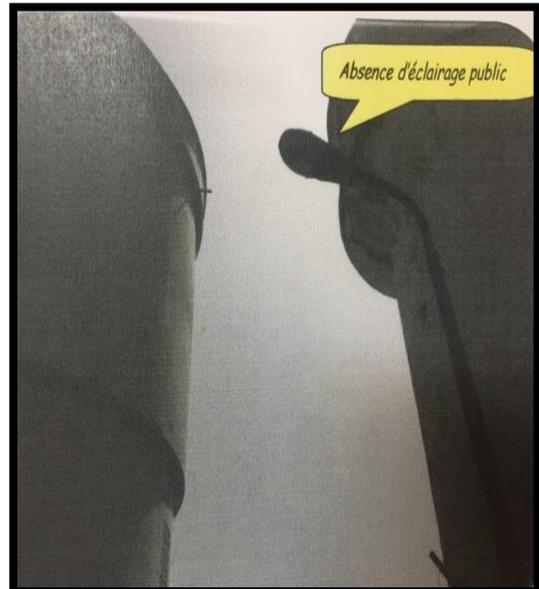


Figure 3 : Vue à l'extérieur du réservoir 2*300M³



Figure 4 : Conduite d'adduction



Figure 5 : Conduite alimentant le réservoir

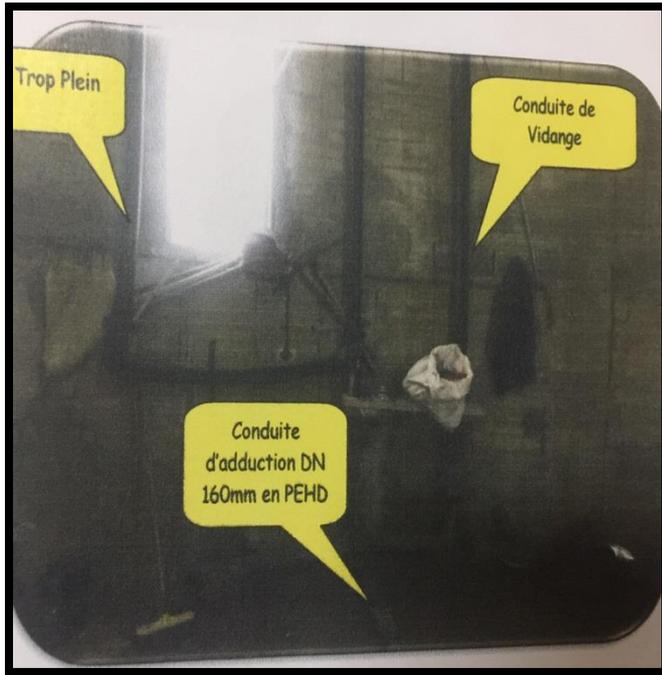


Figure 6 : Vue à l'extérieur de la chambre de vanne



Figure 7 : Vanne non opérationnelle



Figure 8: Fuite importante



Figure 9 : L'état intérieur du réservoir 300M³

ANNEXE

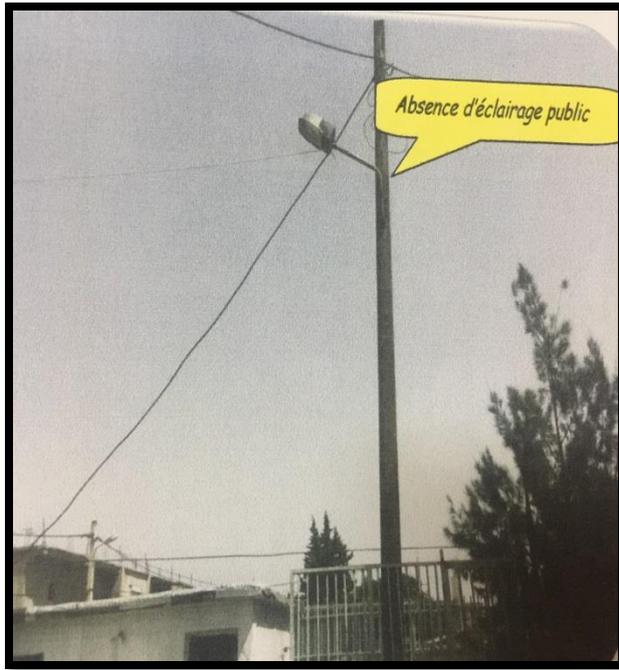


Figure 10 : absence d'éclairage public

Figure 11 : absence d'aménagement extérieur

Gamme tubes PEHD de Pression nominale 10 Bar					
	CODE	DIAMETRE (mm)	EPAISSEUR (mm)	PRESSION	CONDITIONNEMENT
P E 1 0 0	640.06.020.09	20	**	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.025.09	25	**	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.032.09	32	2.0	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.040.09	40	2.4	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.050.09	50	3.0	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.063.09	63	3.8	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.075.09	75	4.5	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.090.09	90	5.4	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.110.09	110	6.6	10Bars	Rx 100Ml
	640.06.125.09	125	7.4	10Bars	Tb 6 / 12Ml
	640.06.160.09	160	9.5	10Bars	Tb 6 / 12Ml
	640.06.200.09	200	11.9	10Bars	Tb 6 / 12Ml
	640.06.250.09	250	14.8	10Bars	Tb 6 / 12Ml
	640.06.315.09	315	18.7	10Bars	Tb 6 / 12Ml
	640.06.400.09	400	23.7	10Bars	Tb 6 / 12Ml
	640.06.500.09	500	29.7	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.630.09	630	37.4	10Bars	Tb 6 / 12Ml	

Figure-12 : Gamme des diamètres normalisés en PEHD