



MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique

Option: Alimentation en eau potable

THEME :

Etude de la résilience du réseau d'AEP de la commune de Menaceur (W.Tipaza) à l'aide du modèle WNTR (Water Network Tool for Resilience)

Présenté par :

BELAYADI Mounsif

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
SALAH Boualem	Professeur	Président
KAHLERRAS Malika	M.C.B	Examineur
BENCHIHEB Nedjouda	M.C.B	Examineur
KADI Latifa	M.A.A	Promoteur

Session Septembre 2023

Remerciement

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir donné le courage, la volonté et la patience nécessaires pour surmonter toutes les difficultés et accomplir ce travail.

Je souhaite également exprimer toute ma reconnaissance envers ma directrice de mémoire, Madame KADI LATIFA. Ses conseils, son encadrement et son soutien ont été inestimables tout au long de ce projet.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à tous les enseignants de l'ENSH, ainsi qu'à tous les intervenants et personnes qui ont contribué à mes réflexions par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques. Leur disponibilité et leur précieuse aide ont grandement enrichi mes recherches.

Je remercie également chaleureusement le président et les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail lors de la soutenance.

Un immense merci à mes parents et à mes frères, qui ont toujours été là pour moi, m'apportant leur soutien et leurs encouragements inébranlables.

Enfin, je souhaite exprimer ma profonde gratitude envers mes amis, dont le soutien inconditionnel et les encouragements ont été d'une aide précieuse. Je leur adresse mes remerciements les plus sincères, mon respect et toute ma gratitude.

Cordialement, [BELAYADI MOUNSIF].

Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes chers frères Amina, Khaled, Youssef, et Imane, pour leur appui et leur encouragement, et leur soutien moral.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

Merci d'être toujours là pour moi.

A tous mes amis : meroune, Nadir, Imade , Khaiel , Ziyad, Hachmi et Mourad.

Et bien sur à Mon promoteur Madame KADI LATIFA.

A mes collègues et professeurs de l'ENSH.

ملخص :

بعد إعادة التأهيل الناجح لشبكة توزيع المياه في مناصر ومع الأخذ بعين الاعتبار التحديات المرتبطة بتغير المناخ والكوارث الطبيعية ومخاطر التلوث المحتملة، تركز دراستنا على تقييم مرونة هذه الشبكة. ونسعى إلى تحديد قدرتها على المقاومة والتكيف مع مختلف الاضطرابات.

وللقيام بذلك استخدمنا أداة (ونتر) لإجراء تحاليل معمقة للشبكة , وخاصة فيما يتعلق بالضغط , سرعة المياه, التسريبات و التلوث.

وبعد دراسة المرونة وجدنا أن الشبكة القديمة كانت ضعيفة جداً ومعرضة جداً للتلوث والتسريبات، وكانت ضغوطها ووجدنا أن الشبكة المعاد تأهيلها كانت قادرة على الصمود، حيث أظهرت مقاومة للتلوث. وسرعاتها منخفضة جداً والتسريبات، وكانت الضغوط والسرعات في المستوى المطلوب، مما يدل على نجاح إعادة التأهيل

..الكلمات المفتاحية: الصمود، القديم، المعاد تأهيله، الشبكة، التوزيع

Résumé :

Après la réussite de la réhabilitation du réseau de distribution d'eau de Menaceur et en prenant en compte les défis liés aux changements climatiques, aux catastrophes naturelles et aux risques potentiels de contamination. Notre étude se concentre sur l'évaluation de la résilience de ce réseau.

Nous cherchons à déterminer sa capacité à résister et à s'adapter à diverses perturbations. Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil WNTR pour réaliser des analyses approfondies du réseau, notamment en ce qui concerne la pression, la vitesse de l'eau, les fuites et les risques de contamination.

Après avoir étudié la résilience, nous avons constaté que l'ancien réseau était très faible et très vulnérable aux contaminations et aux fuites, et présentait des pressions et vitesses très faibles. Nous avons constaté que le réseau réhabilité était capable de résister, car il a montré une résistance à la pollution et aux fuites, et les pressions et vitesses étaient aux normes, ce qui montre le succès de la réhabilitation.

Mots Clé : résilience, ancien, réhabilité, réseau, distribution.

Abstract:

After the successful rehabilitation of the Menaceur water distribution network and taking into account the challenges linked to climate change, natural disasters and potential contamination risks. Our study focuses on assessing the resilience of this network.

We seek to determine its capacity to resist and adapt to various disturbances. To do this, we used the WNTR tool to carry out in-depth analyzes of the network, particularly with regard to pressure, water velocity, leaks and contamination risks.

After studying resilience, we found that the old network was very weak and very vulnerable to contamination and leaks, and had very low pressures and speeds. We found that the rehabilitated network was able to withstand, as it showed resistance to pollution and leaks, and the pressures and speeds were up to standard, which shows the success of the rehabilitation.

Key words: resilience, old, rehabilitated, network, distribution.

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : généralités sur les réseaux d'AEP

I.1.Introduction.....	2
I.2.Réseaux de distribution.....	2
I.2.1.Structure des réseaux.....	2
I.3.Hypothèses de calcul de réseau de distribution:	4
I.3.1.Débit :	4
I.3.2.Choix du diamètre :	4
I.3.3.Pression:	5
I.4.Principes de calcul:.....	5
I.4.1.Débit en route.....	5
I.4.2.Débit de calcul	6
I.4.3.Calcul des réseaux ramifiés:.....	6
I.4.4.Calcul des réseaux maillés:.....	6
I.5.Les accessoires et pièces spéciales dans les réseaux :	7
I.5.1.Les accessoires :	7
I.5.1.1. Les robinet-vannes :	7
I.5.1.2.Les clapets :	8
I.5.1.3.Les ventouses :	8
I.5.1.4.Les régulateurs de pression :.....	8
I.5.2. Les pièces spéciales :	9
I.5.2.1. Les cônes :	9
I.5.2.2.Les croix de jonction :.....	9
I.5.2.3. Les manchons :.....	9
I.5.2.4. Les coudes :.....	9
I.5.2.5. Les tés :.....	9

I.6. Conclusion :	10
-------------------	----

Chapitre II : étude bibliographique sur la résilience dans les réseaux d'AEP

II.1.Introduction.....	11
II.2. Concepts Fondamentaux de la Résilience des Réseaux d'Eau Potable	11
II.2.1.Définitions de la résilience :	11
II.2.2.Cadres conceptuels et modèles utilisés pour évaluer la résilience des réseaux d'AEP...11	
II.3. Facteurs de Risque et Menaces pour la Résilience.....	13
II.4. Stratégies et Mesures pour Améliorer la Résilience.....	15
II.4.1.Diversification des Sources d'Approvisionnement en Eau	15
II.4.2.Gestion des Fuites et des Pertes d'Eau :.....	15
II.4.3.Planification d'Urgence et de Contingence :.....	15
II.4.4.Technologies de Surveillance en Temps Réel :.....	15
II.5. Études de Cas de Réussies.....	16
II.6. Conclusion.....	17
Chapitre III: Etude de la résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur	
III.1.Introduction.....	18
III.2.Constitution du réseau d'eau potable de Menaceur.....	18
III.2.1.Présentation de l'ancien réseau d'eau potable de Menaceur.....	18
III.2.2. Etat du réseau de distribution de la ville.....	19
III.3. Etude de la Résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur :.....	20
III.3.1. Présentation de l'outil WNTR.....	20
III.3.2. Les pressions.....	20
III.3.3. Les vitesses :	25
III.3.4.Fuites dans les canalisations :.....	29
III.3.5.les zones de contamination :.....	30
III.3.6. Conclusion	30

Chapitre IV: Etude de la résilience du réseau réhabilité de Menaceur

IV.1.Introduction.....	31
IV.2.Réhabilitation du réseau d’AEP de Menaceur	31
IV.2.1.Présentation du réseau réhabilité de Menaceur.....	31
IV.2.2. Caractéristiques du réseau réhabilité	32
IV.3.Etude de la résilience du réseau réhabilité de la ville de Menaceur	33
IV.3.1. Les pressions.....	33
IV.3.2.Les vitesses	35
IV.3.3.Fuites dans les canalisations	38
IV.3.4.Zones de contamination :.....	39
IV.3.5. Conclusion :.....	39
Conclusion générale.....	40
Les références bibliographiques :.....	41

Liste de figures :

Chapitre III: Etude de la résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur

Figure III.1. état hydraulique de réseau ancien de la ville de Menaceur.....	20
Figure III.02 : Courbe de distribution des pressions dans l'ancien réseau.....	24
Figure III.03 : Courbe de distribution des vitesses de l'ancien réseau de Menaceur.....	29
Figure III.04 : les fuites de canalisations de l'ancien réseau.....	30
Figure III.05 : Zones de contamination de l'ancien réseau.....	30

Chapitre IV: Etude de la résilience du réseau réhabilité de Menaceur

Figure IV.1 :l'état de réseau réhabilité.....	32
Figure IV.01 : Distribution des pressions dans le réseau réhabilité.....	35
Figure IV.02 : Distribution des vitesses dans le réseau réhabilité.....	37
Figure IV.03 : Pressions et vitesses dans le réseau.....	38
Figure IV.04 : Fuites dans les canalisations du réseau réhabilité.....	38
Figure IV.05 : Zones de contamination du réseau réhabilité.....	39

Liste des tableaux :

Chapitre III: Etude de la résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur

Tableau III.1 :Caractéristiques du réseau existant (SEEAL 2023).....	19
Tableau III.1 : Pressions de l'ancien réseau.....	21
Tableau III.2 : Vitesses de l'ancien réseau.....	25

Chapitre IV: Etude de la résilience du réseau réhabilité de Menaceur

Tableau IV.01 : caractéristique du réservoir projeté	31
Tableau IV.2 : Bilan Ressources-Besoins à différents horizons.....	31
Tableau IV.3: Caractéristiques du réseau réhabilité.....	32
Tableau IV.04 : Pressions de réseau réhabilité.....	33
Tableau IV.05 : Vitesses dans le réseau réhabilité.....	35

Introduction générale

Introduction générale

L'alimentation en eau potable est un élément essentiel de la vie quotidienne de toute communauté, assurant un accès fiable à une ressource vitale. Cependant, les réseaux d'alimentation en eau potable sont confrontés à de nombreux défis, notamment les changements climatiques, la croissance démographique et les défaillances techniques. La commune de Menaceur, située dans la wilaya de Tipaza, en Algérie, ne fait pas exception à ces défis.

Dans ce contexte, cette étude de master vise à évaluer la résilience du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Menaceur. Pour ce faire, nous utiliserons le modèle Water Network Toolkit for Resilience (WNTR), un outil puissant permettant de modéliser et d'analyser les réseaux d'eau potable. Cette approche nous permettra de mieux comprendre la capacité du réseau à résister, s'adapter et se rétablir face à diverses perturbations. Les analyses que nous avons faites sont : analyse de pression, analyse de vitesse, analyse des fuites et analyse de contamination en cas de scénario de catastrophes naturelles (inondations, séismes, ...), de contamination, de glissement de terrain, ou encore de panne de courant.

Les résultats de cette étude visent à informer les décideurs locaux sur les actions à entreprendre pour renforcer la résilience du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Menaceur. En fin de compte, notre objectif est d'assurer un approvisionnement en eau potable fiable et durable pour les résidents de cette communauté, même dans des circonstances adverses. Pour mener à bien notre étude, ce mémoire se composera de 4 chapitres :

- Chapitre I : généralités sur les réseaux d'alimentation en eau potable.
- Chapitre II : étude bibliographique sur la résilience des réseaux d'AEP.
- Chapitre III : résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur.
- Chapitre IV : résilience de réseau réhabilité de la ville de Menaceur.

Chapitre I :

Généralités sur les réseaux d'AEP

I.1.Introduction

L'eau est l'un des éléments fondamentaux à la survie de toute forme de vie sur notre planète, et son accès en quantité suffisante et de qualité adéquate est essentiel pour la santé, la prospérité et la stabilité des communautés à travers le monde. Les réseaux d'alimentation en eau potable jouent un rôle vital dans la satisfaction de ce besoin humain fondamental. Ils sont les artères invisibles de nos sociétés modernes, acheminant l'eau depuis des sources diverses jusqu'aux robinets de nos foyers, garantissant ainsi notre approvisionnement en eau pour la consommation, l'hygiène, l'agriculture et l'industrie.

I.2.Réseaux de distribution

Les réseaux de distribution d'eau ont pour objectif d'amener l'eau, à partir du ou des réservoirs, jusqu'aux consommateurs : fournir le débit maximal avec une pression au sol minimale compatible avec la hauteur des immeubles.(Lencastre, 1999)

I.2.1.Structure des réseaux

L'eau est distribuée aux consommateurs par des réseaux de conduites locaux, à l'intérieur de la zone alimentée. Les principaux éléments d'un réseau de distribution sont: les conduites, les branchements et les accessoires et pièces spéciales (coudes, raccordements, vannes, compteurs, bouches d'incendies, ...). Les conduites de distribution doivent suivre les rues de la ville et sont posées en terre, généralement, sous le trottoir.(Dupont, 1988)

Selon les liaisons entre les différents tronçons de distribution, on distingue généralement deux types de réseaux: réseau ramifié et réseau maillé.

- **Réseau ramifié :**

La caractéristique d'un réseau ramifié est que l'eau circule, dans toute la canalisation, dans un seul sens (des conduites principales vers les conduites secondaires, vers les conduites tertiaires,..). De ce fait, chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul côté. Ce type de réseaux présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité : en cas de rupture d'une conduite principale, tous les abonnés situés à l'aval seront privés d'eau. (A. Dupont, 1988)

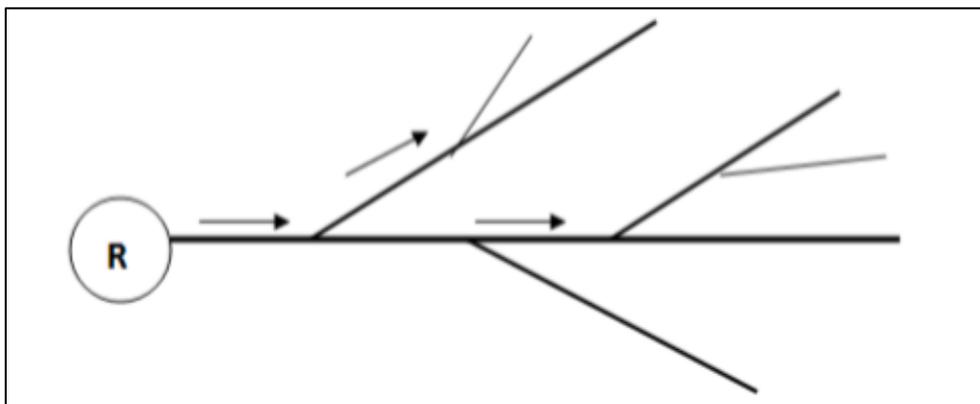


Figure.I.1 : Schéma d'un Réseau ramifié

- **Réseau maillé :**

Le réseau maillé dérive du réseau ramifié par connexion des extrémités des conduites (généralement jusqu'au niveau des conduites tertiaires), permettant une alimentation de retour. Ainsi, chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs côtés. Les petites rues sont toujours alimentées par des ramifications. (Dupont, 1988)

Ce type de réseaux présente les avantages suivants:

- Plus de sécurité dans l'alimentation (en cas de rupture d'une conduite, il suffit de l'isoler et tous les abonnés situés à l'aval seront alimentés par les autres conduites).
- Une répartition plus uniforme des pressions et des débits dans tout le réseau. Il est, par contre, plus coûteux et plus difficile à calculer.

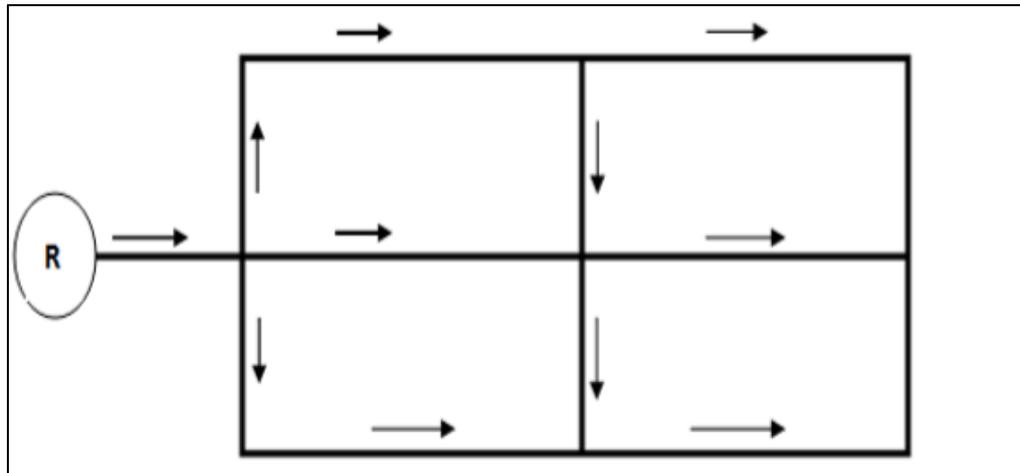


Figure.I.2 : Schéma de Réseau Maillé

Eventuellement, on peut utiliser d'autres types de réseaux :

- **Réseau mixte :**

Qui est un réseau maillé comportant, en cas de besoin, quelques ramifications permettant d'alimenter les zones isolées de la ville telles que les zones industrielles ou zones rurales. (Dupont, 1988)

- **Réseaux étagés :**

Dans le cas où la topographie est très tourmentée, la distribution peut se faire par paliers. (Dupont, 1988)

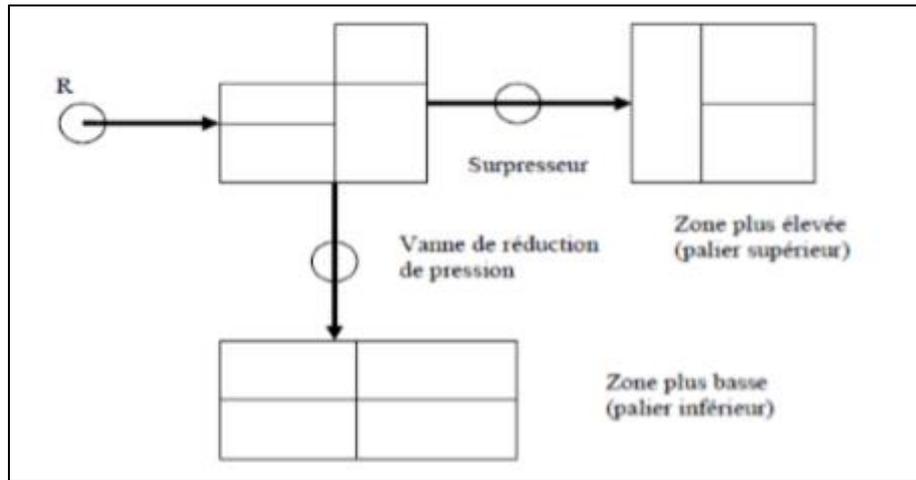


Figure.I.3 : Schéma de Réseau étagé

- **Réseaux à alimentation distincte :**

Il existe deux réseaux distincts, l'un pour l'eau potable et l'autre pour l'eau non potable. En général, on utilise un réseau maillé pour alimenter une zone urbaine et un réseau ramifié pour alimenter une zone rurale. En irrigation, on n'utilise que les réseaux ramifiés. (Dupont, 1988)

I.3.Hypothèses de calcul de réseau de distribution:

Les mêmes principes fondamentaux, évoqués pour les conduites d'adductions, s'appliquent aussi pour les canalisations de distribution: caractéristiques hydrauliques (pertes de charge linéaires et singulières, ligne piézométrique), diamètre économique (étude technico-économique), types de tuyaux, protection contre les coups de bélier, pose des conduites et accessoires (vannes, robinets, ventouse, brise charge, pièces spéciales). J. Bonin (1986)

I.3.1.Débit :

Une estimation, aussi précise que possible, doit être faite des besoins en eau de l'agglomération à alimenter. On calcule aussi le débit pendant l'heure de pointe, les conduites de distribution devront pouvoir transiter les plus forts débits.

Le calcul hydraulique des canalisations se fait donc avec le débit de pointe mais il faut aussi vérifier le comportement du réseau de distribution en cas d'incendie. On considère alors que l'incendie se produit pendant l'heure de pointe. Le débit d'incendie à prévoir au point le plus défavorable du réseau est de $60\text{m}^3/\text{h}$ soit 17l/s .

On tient compte de plusieurs incendies en même temps dans le cas d'une grande ville ou d'une agglomération à haut risque d'incendie. (Bonin, 1986)

I.3.2.Choix du diamètre :

Dans les tronçons sur lesquels il est prévu l'installation de bouches d'incendie, le diamètre minimal sera de $0,100$ mètre. On utilise rarement le diamètre $0,080$ mètre.

La vitesse de l'eau dans les conduites de distribution sera entre 0,50 et 1,25m/s. Les vitesses inférieures à 0,50 m/s favorisent le dépôt solide dans les canalisations. Les vitesses supérieures à 1,25 m/s risquent de favoriser les fuites et les coups de bélier, et de créer les cavitations et les bruits.

En cas d'incendie, généralement, on accepte des vitesses atteignant 2,50 m/s. (Bonin, 1986)

I.3.3.Pression:

Le réseau doit satisfaire les conditions de pression suivantes:

- Une charge minimale de 3 m doit être prévue sur les orifices de puisage (robinets) les plus élevés, et de 5 m pour un chauffe-eau à gaz. (Bonin, 1986)
- En vue de la bonne tenue des canalisations et des joints (limitation des fuites et des bruits), il faut éviter des pressions supérieures à 40 m. Si, néanmoins, de telles pressions devaient se manifester, il faudrait prévoir soit des dispositifs de réduction de pression sur le réseau soit une distribution étagée.

Les canalisations équipées de bouches d'incendie devront pouvoir fournir, en cas d'incendie, une pression minimale au sol de 10 m, en tout point du réseau de distribution. (Bonin, 1986)

I.4.Principes de calcul:

Un réseau de distribution est subdivisé en tronçons délimités par des nœuds : points particuliers: réservoir, croisement de conduites, prélèvements importants, changement de diamètre, extrémité du réseau, vanne,... (Bonin, 1986)

I.4.1.Débit en route

Dans une conduite d'adduction, le débit d'eau est constant. Dans les canalisations de distribution la situation est tout à fait différente. En effet, les conduites de distribution sont destinées à distribuer l'eau aux abonnés. Chaque tronçon de distribution, matérialisé par deux nœuds, est alors caractérisé par deux débits: un débit d'extrémité (qui doit, tout simplement, transiter par le tronçon, appelé débit de transit et noté Q_t) et un débit consommé par les branchements raccordés sur ce tronçon (appelé débit en route et noté Q_r). (Bonin, 1986)

Le débit en route est un débit qui entre à l'amont du tronçon et ne sort pas à l'aval puisque, par définition, il est consommé par les abonnés tout le long du tronçon. Ce débit en route, supposé uniformément réparti sur toute la longueur du tronçon peut être calculé par la méthode suivante :

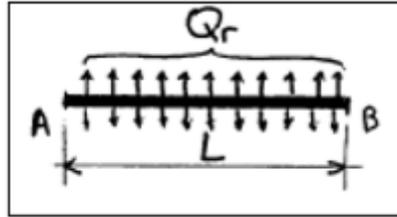


Figure I.4 : Répartition uniforme du débit en route sur la longueur du tronçon

Il peut être proportionnel à la longueur du tronçon en utilisant le débit spécifique q_{sp}

$$Q_r(AB) = q_{sp} L_{AB} \dots \dots \dots I.1$$

Où : Le débit spécifique est donné par :

$$q_{sp} = Q_{tot} / L_{tot} \dots \dots \dots I.2$$

L_{tot} : est la longueur totale du réseau de distribution.

Q_{tot} : le débit de pointe total consommé par l'agglomération.

I.4.2. Débit de calcul

Le long d'un tronçon de distribution le débit étant variable, donc le débit de calcul sera donné par les formules suivantes :

- Pour le réseau ramifié par :

$$Q_c = Q_t + 0.55 Q_r \dots \dots \dots I.3$$

- Pour le réseau maillé par :

$$Q_c = Q_t + 0.50 Q_r \dots \dots \dots I.4$$

I.4.3. Calcul des réseaux ramifiés:

Pour un réseau de distribution, on connaît donc les débits de pointe de la consommation (par analyse des besoins en eau). On doit choisir le tracé du réseau et la localisation des nœuds de calcul, en se limitant à des longueurs inférieures à 1000 mètres. On en déduit alors les longueurs des tronçons et les côtes des nœuds au sol. (Bonin, 1986)

Le calcul des réseaux ramifiés se fait en partant de l'extrémité aval du réseau et en remontant de proche en proche jusqu'au réservoir. Les étapes de calcul sont les suivantes:

- Calcul de Q_r , de Q_t et ensuite Q_c par (I.3) ;
- Détermination du diamètre D qui permet d'écouler le débit Q_c et vérification de la vitesse qui devrait être voisine de 0,90 m/s (ou entre 0,50 et 1,25m/s). Le diamètre minimum étant 0,80 m.
- Calcul de la charge hydraulique en chaque nœud et en déduire la pression au sol.

I.4.4. Calcul des réseaux maillés:

Pour un réseau maillé, après le calcul des débits en route de tous les tronçons, on utilise l'expression (I.4) pour répartir ces débits aux nœuds du réseau. Il faut vérifier que la somme des débits aux nœuds est égale à la somme des débits en route de tous les tronçons.

Le calcul des réseaux ramifiés, tel que nous l'avons vu, ne présente pas de difficulté. En revanche, le calcul des réseaux maillés est plus compliqué. Plusieurs méthodes ont été utilisées pour réaliser ce calcul. Une des méthodes les plus utilisées est celle de Hardy Cross, par approximations successives, et que nous allons présenter. (Bonin, 1986)

- **Méthode de Hardy Cross:**

Cette méthode repose sur les deux lois suivantes (équivalentes aux lois de Kirchoff en électricité) :

- 1^{ère} loi : En un nœud quelconque du réseau, la somme des débits qui arrivent à ce nœud est égale à la somme des débits qui en partent:

$$\sum Q_e = \sum Q_s$$

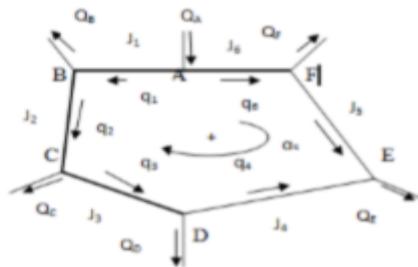


Figure I.5 : Représentation d'une maille

- 2^{ème} loi : Le long d'un parcours orienté et fermé (une maille), la somme algébrique -des pertes de charge est nulle.

$$\sum \Delta H = 0$$

La méthode de Hardy Cross consiste, tout d'abord, à se fixer une répartition provisoire des débits ainsi qu'un sens d'écoulement dans tout le réseau, tout en respectant la première loi. Cette première répartition permet de choisir les diamètres, tout au moins provisoires, des canalisations (avec des vitesses entre 0,50 et 1,25 m/s) et de calculer les pertes de charge correspondantes.(Bonin, 1986).

I.5. Les accessoires et pièces spéciales dans les réseaux :

I.5.1. Les accessoires :

I.5.1.1. Les robinet-vannes :

Un robinet est constitué des éléments suivants : (Mays,1999)

- Une enveloppe (comportant un corps et un chapeau) qui constitue l'interface fluide-ambiance extérieure, classiquement en acier ou fonte.
- Un obturateur qui constitue l'interface fluide amont-fluide aval (clapet, membrane, opercule).
- Un système de raccordement à la tuyauterie. Les raccordements peuvent être (Boulonnés (à brides), Vissés).
- Un système de manœuvre de l'obturateur qui constitue l'interface robinet opérateur (volant, levier, actionneur, ... + tige).
- Un système qui assure l'étanchéité dynamique vers l'extérieur (joint, presse garnitures,...).

Les types de robinet-vanne :

- Les vannes papillons.
- Les robinets vannes à opercule.
- Les vannes d'altitude.
- Les robinets de décharge.

I.5.1.2. Les clapets :

Leur fonction principale consiste à orienter le flux dans une seule direction. Ces dispositifs sont largement utilisés dans les stations de pompage, où ils sont fréquemment positionnés juste après les pompes, et entre celles-ci et les vannes de sectionnement. Ils sont également couramment présents le long des canalisations de distribution. (Asit, Biswas et Tortajada, 2012)

Il existe aussi des clapets qui font office de limiteur de débit, ou qui permettent d'assurer un débit minimum.

I.5.1.3. Les ventouses :

Les dispositifs de ventouse sont installés aux points les plus élevés du système afin d'éliminer l'air accumulé après le dégazage de l'oxygène dissout. Ils sont placés dans des endroits accessibles pour permettre des vérifications périodiques de leur bon fonctionnement. Les ventouses automatiques jouent un rôle essentiel non seulement en éliminant les poches d'air pendant le fonctionnement normal, mais aussi en facilitant l'évacuation de l'air lors du remplissage initial de la canalisation et, inversement, en permettant à l'air d'entrer lors de la vidange provoquée de la canalisation. Cela évite ainsi la formation d'une dépression dans le système.

I.5.1.4. Les régulateurs de pression :

Ces dispositifs de régulation sont des organes de contrôle qui provoquent une perte de charge ajustable, permettant de maintenir la pression en aval à une valeur constante prédéfinie, indépendamment du débit et de la pression en amont. (Asit, Biswas et Tortajada. 2012)

- Le réglage du clapet se fait directement par l'action de la pression aval sur un piston ou une membrane venant contrebalancer l'effet d'un ressort ou d'un contre poids.
- Les régulateurs de pression aval sont généralement utilisés pour limiter la pression dans les canalisations présentant une pente importante. Cela peut permettre de limiter les caractéristiques mécaniques de ces conduites.
- Les régulateurs de pression amont sont les mêmes appareils que les régulateurs aval mais inversés. Le réglage étant effectué par la pression amont. Cet appareil est destiné principalement à maintenir une pression suffisante dans une conduite gravitaire.

I.5.2. Les pièces spéciales :

Permettent :

- Une déviation d'une partie d'écoulement.
- Une introduction dans la conduite d'un débit supplémentaire.
- Changement de diamètre de la conduite.
- Changement de direction de la conduite.

I.5.2.1. Les cônes :

Ces éléments sont employés pour connecter des conduites de diamètres différents ainsi que des accessoires aux conduites. On les retrouve également à l'entrée et à la sortie des pompes. Ils se distinguent en plusieurs types :(Mays,1999)

-Des cônes à deux emboitements.

- Des cônes à emboitement et bride.

I.5.2.2. Les croix de jonction :

Ces pièces sont employées pour réaliser des intersections perpendiculaires entre des canalisations. Les croix peuvent être constituées de manchons de tailles différentes, et elles peuvent être conçues avec des brides intégrales ou des manchons et des brides combinées. On les trouve couramment dans les réseaux de canalisations à la fois maillés et ramifiés.(Mays,1999)

I.5.2.3. Les manchons :

On dispose de plusieurs types de manchons : ceux avec des extrémités à bouts lisses des deux côtés, ceux avec deux emboîtements, ceux avec un emboîtement d'un côté et un bout lisse de l'autre, ceux avec deux brides, ceux avec des brides d'un côté et un bout lisse de l'autre, et enfin ceux avec un emboîtement d'un côté et une bride de l'autre.(Asit, Biswas et Tortajada, 2012)

I.5.2.4. Les coudes :

Les coudes se déclinent en deux types : ceux avec deux emboîtements ou un emboîtement et un bout lisse. Les deux variantes de coudes présentent un angle alfa prédéfini, tel que $\frac{1}{4}$ (90°),

1/8 (45°), 1/16 (22°30'), 1/32 (11°15'). Ils sont particulièrement utiles dans les réseaux maillés et ramifiés pour changer la direction des conduites. Habituellement, les coudes ou tés sont maintenus en place par des massifs de butée correctement dimensionnés. (Mays, 1999)

I.5.2.5. Les tés :

De manière similaire aux croix, les tés sont disponibles soit avec trois emboîtements, soit avec deux emboîtements et des brides. Ils servent à dériver un débit d'une canalisation ou à ajouter un débit complémentaire. On les rencontre fréquemment dans les réseaux maillés, ramifiés et sur les canalisations d'adduction lorsqu'il est nécessaire de réaliser un piquage pour des dérivations supplémentaires. (Mays, 1999)

I.6. Conclusion :

Le réseau d'alimentation en eau potable est une infrastructure cruciale qui assure l'approvisionnement en eau potable à la population. Sa conception et sa réalisation demande une grande rigueur c'est pourquoi une gestion efficace, une surveillance continue et une sensibilisation à l'importance de l'eau potable sont nécessaires, le but étant de garantir un accès équitable et durable à cette ressource précieuse qu'est l'eau.

Chapitre II :

Etude bibliographie sur la résilience dans les réseaux d'AEP

II.1. Introduction

Le contexte de la résilience des réseaux d'alimentation en eau potable est motivé par la prise de conscience croissante des menaces qui pèsent sur ces systèmes essentiels. Les changements climatiques, les catastrophes naturelles, la croissance démographique et les avancées technologiques ont un impact sur la disponibilité et la qualité de l'eau potable. La résilience devient donc essentielle pour assurer un approvisionnement sûr et constant, adapté aux perturbations. La santé publique, la durabilité environnementale et l'économie dépendent de la capacité des réseaux à résister aux chocs. La recherche et les actions visant à renforcer la résilience des réseaux d'eau potable sont désormais prioritaires dans la gestion des ressources en eau. Les études bibliographiques jouent un rôle clé en synthétisant les connaissances existantes, éclairant les problèmes émergents, offrant des perspectives sur les meilleures pratiques et en identifiant les lacunes. Elles permettent une vision globale des enjeux et facilitent des décisions éclairées pour renforcer la résilience.

II.2. Concepts Fondamentaux de la Résilience des Réseaux d'Eau Potable

II.2.1. Définitions de la résilience :

Dans le contexte des réseaux d'alimentation en eau potable, la résilience se réfère à la capacité de ces systèmes à résister, à absorber, à s'adapter et à se rétablir face à des perturbations, des chocs ou des stress, tout en maintenant un approvisionnement en eau potable sûr, fiable et de qualité. Les définitions et interprétations de la résilience dans ce contexte peuvent varier.

II.2.2. Cadres conceptuels et modèles utilisés pour évaluer la résilience des réseaux d'AEP :

Plusieurs cadres conceptuels et modèles ont été développés pour évaluer la résilience des réseaux d'eau potable. Voici quelques-uns des cadres et modèles couramment utilisés dans ce contexte :

1. **Cadre de l'Approche de Gestion des Risques** : Ce cadre met l'accent sur l'identification, l'évaluation et la gestion des risques qui pourraient perturber les réseaux d'eau potable. Il intègre des étapes telles que l'identification des menaces, l'évaluation des vulnérabilités et l'élaboration de stratégies de réduction des risques. (American Water Works Association (AWWA).2018).
2. **Cadre de la Résilience Urbaine** : Inspiré de la planification urbaine, ce cadre englobe les dimensions sociales, économiques, environnementales et institutionnelles de la résilience des villes, y compris de leurs réseaux d'eau potable. Il examine comment les éléments interagissent pour renforcer la capacité de la ville à faire face aux perturbations.
3. **Modèle de Système Dynamique** : Les modèles de système dynamique sont utilisés pour simuler le comportement et les interactions des composants d'un réseau d'eau potable dans différentes situations. Ils permettent d'évaluer comment le système réagit

aux perturbations et comment les changements dans un élément influent sur d'autres aspects.(Magdi S. Mahmoud.2019)

4. **Modèle d'Analyse des Réseaux** : Les modèles d'analyse des réseaux se concentrent sur la structure et les connexions du réseau d'eau potable. Ils évaluent comment les ruptures, les défaillances ou les perturbations dans un segment du réseau peuvent affecter l'ensemble du système.(D. A. DeWalsche et P. W. J. Derose.2018)
5. **Cadre d'Évaluation de la Vulnérabilité et de la Capacité d'Adaptation** : Ce cadre évalue la vulnérabilité du réseau d'eau potable face aux perturbations et analyse la capacité du système à s'adapter aux changements. Il examine les facteurs physiques, technologiques, organisationnels et sociaux qui influent sur la résilience. (Robert C. Brears.2020)
6. **Modèle de Planification d'Urgence** : Les modèles de planification d'urgence sont conçus pour anticiper les scénarios de crise et établir des protocoles pour réagir rapidement. Ils incluent des mesures d'urgence, des plans de contingence et des itinéraires de rétablissement. (American Water Works Association (AWWA).2018).
7. **Cadre de la Théorie de la Complexité** : Inspiré de la théorie de la complexité, ce cadre examine comment les interactions entre les composants du réseau d'eau potable donnent lieu à des comportements émergents et comment ces comportements affectent la résilience globale.(Alexander B. Zheleznyakov et Igor K. Zheleznyakov.2015)
8. **Modèle de Réseaux de Neurones Artificiels** : Les réseaux de neurones artificiels sont utilisés pour prédire les comportements futurs du réseau d'eau potable en fonction de scénarios spécifiques. Ils peuvent aider à anticiper les impacts des perturbations et à prendre des décisions éclairées. (Charu Aggarwal.2016)

II.3. Facteurs de Risque et Menaces pour la Résilience

Les facteurs de risque et les menaces qui peuvent compromettre la résilience des réseaux d'alimentation en eau potable sont variés et complexes. Voici quelques-uns des principaux facteurs de risque et menaces:

1. Changements Climatiques et Extrêmes Climatiques :

Les variations des modèles de précipitations, les sécheresses et les inondations sont des facteurs majeurs qui peuvent perturber de manière significative l'approvisionnement en eau. Les changements dans les schémas de précipitations, tels que des périodes de sécheresse prolongées ou des pluies excessives, peuvent entraîner une disponibilité instable de l'eau, mettant ainsi en péril la quantité et la qualité de l'eau potable disponible. Les sécheresses peuvent réduire considérablement les sources d'eau douce, nécessitant des mesures de gestion de la demande, telles que des restrictions d'utilisation et des efforts de conservation. En revanche, les inondations peuvent contaminer les sources d'eau, endommager les infrastructures et perturber la distribution, entraînant des pénuries temporaires d'eau potable. (Jeffrey M. Bielicki et Jeongwoo Han, 2019).



figII.1 : Changements Climatiques

(<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/rechauffement-climatique-sont-consequences-rechauffement-climatique-1298/>)

2. Catastrophes Naturelles :

Catastrophes Naturelles : Les tremblements de terre, les ouragans, les tsunamis et autres catastrophes naturelles peuvent causer des dommages considérables aux infrastructures d'eau potable. Ces événements soudains et destructeurs peuvent compromettre la distribution d'eau en perturbant les canalisations, en endommageant les installations de traitement et en provoquant des fuites majeures. Les conséquences de telles catastrophes sur la résilience des réseaux d'eau potable sont significatives et

nécessitent une préparation solide et des plans d'intervention d'urgence bien établis. Par exemple, le tremblement de terre de Fukushima en 2011 a gravement affecté l'approvisionnement en eau potable, soulignant la nécessité d'intégrer la résilience aux catastrophes naturelles dans la planification des infrastructures d'eau. (National Geographic, 2018).



FigII.2 : Catastrophes Naturelles
(<https://youmatter.world/fr/catastrophes-naturelles-multiplication/>)

3. Pollution et Contamination :

La pollution chimique, biologique ou radioactive peut avoir des répercussions majeures sur la qualité de l'eau potable. La présence de substances chimiques toxiques, de microorganismes pathogènes ou de contaminants radioactifs dans les sources d'eau peut compromettre la sécurité sanitaire de l'eau destinée à la consommation humaine. Les produits chimiques provenant de l'industrie, de l'agriculture ou d'autres sources, ainsi que les agents pathogènes d'origine fécale, peuvent contaminer les sources d'eau et nécessiter un traitement avancé pour garantir que l'eau est propre à la consommation. (Satinder Ahuja et Lawrence K. Wang, 2019).



FigII.3 : Pollution et Contamination
(<https://en.wikipedia.org/wiki/Pollution>)

4. **Vieillessement des Infrastructures :**

Les infrastructures vétustes et dégradées sont susceptibles de causer des problèmes majeurs tels que des fuites, des ruptures et des défaillances dans les réseaux d'eau potable. Avec le temps, les canalisations et les installations de traitement de l'eau peuvent subir une détérioration due à l'usure, la corrosion et d'autres facteurs. Ces dégradations peuvent entraîner des fuites d'eau, une réduction de l'efficacité du traitement, voire des ruptures majeures des canalisations. (American Society of Civil Engineers, 2017).

5. **Croissance Démographique :**

L'augmentation de la population exerce une pression accrue sur les ressources en eau et la demande en eau potable. À mesure que la population augmente, la consommation d'eau augmente également pour répondre aux besoins en eau potable, à l'irrigation agricole, à l'industrie et à d'autres utilisations. Cette croissance démographique peut entraîner une surexploitation des sources d'eau, une diminution des réserves d'eau souterraine et des défis accrus pour maintenir un approvisionnement en eau adéquat. (Barney Cohen et Catherine P. McMullen (2015).

6. **Santé Publique :**

Les épidémies, les maladies d'origine hydrique et les problèmes de santé peuvent avoir un impact considérable sur la capacité de distribution en eau potable. La contamination de l'eau par des agents pathogènes tels que les bactéries, les virus et les parasites peut provoquer des épidémies de maladies d'origine hydrique, mettant en danger la santé des populations desservies par les réseaux d'eau potable. Ces problèmes de santé peuvent surcharger les systèmes de soins de santé locaux, entraînant une diminution de la capacité à gérer la

distribution en eau potable et les soins médicaux. (Gholamreza Khodabandeloo et M. R. Samarghandi, 2020).

II.4. Stratégies et Mesures pour Améliorer la Résilience

Il existe différentes stratégies et mesures pour améliorer la résilience des réseaux d'alimentation en eau potable.

II.4.1. Diversification des Sources d'Approvisionnement en Eau :

Explorer et développer plusieurs sources d'eau pour réduire la dépendance à une seule source. et Intégrer des sources alternatives telles que les eaux de pluie, les eaux souterraines et les eaux recyclées. (UNESCO (2017).

II.4.2. Gestion des Fuites et des Pertes d'Eau :

Mettre en œuvre des programmes de détection et de réparation des fuites pour minimiser les pertes d'eau. Et Utiliser des technologies avancées de surveillance en temps réel pour identifier rapidement les fuites. (AWWA) (2009).

II.4.3. Planification d'Urgence et de Contingence :

Élaborer des plans d'urgence détaillés pour faire face aux perturbations majeures. Et Mettre en place des procédures pour garantir la continuité de la distribution en eau pendant les crises. (U.S. Department of Health and Human Services (2017).

II.4.4. Technologies de Surveillance en Temps Réel :

Utiliser des capteurs et des systèmes de surveillance pour suivre en temps réel les paramètres de l'eau et les performances du réseau. Et Permettre une réponse rapide aux anomalies et aux événements anormaux. (Thomas Walski et al. (2014).

II.5. Études de Cas de Réussite

d'études de cas de villes ou de régions ayant amélioré la résilience de leurs réseaux d'eau potable, accompagnés d'une analyse des approches adoptées, des résultats obtenus et des leçons apprises, :

1. **Melbourne, Australie** : Melbourne a adopté une approche diversifiée pour améliorer la résilience de son réseau d'eau potable. En intégrant la collecte d'eaux de pluie, la réutilisation des eaux usées et l'amélioration de la distribution, la ville a renforcé sa capacité à faire face aux sécheresses prolongées. Cette diversification a permis à Melbourne de maintenir un approvisionnement en eau stable pendant les périodes de stress hydrique. Les résultats obtenus incluent une meilleure gestion des fluctuations climatiques et une continuité de l'approvisionnement en eau pour les habitants. (2019).
2. **Copenhague, Danemark** : Copenhague a amélioré la résilience de son réseau d'eau potable en adoptant une approche axée sur la modernisation des infrastructures. Le renouvellement régulier des canalisations vieillissantes et l'utilisation de matériaux

durables ont contribué à réduire les pertes d'eau et à améliorer la fiabilité de la distribution. L'incorporation de technologies de surveillance avancées a permis une détection rapide des fuites et une intervention proactive. Les résultats comprennent une réduction significative des pertes d'eau et une meilleure réactivité aux perturbations. (2021).

3. **Tokyo, Japon** : Tokyo a adopté une approche basée sur les données pour renforcer la résilience de son réseau d'eau potable. Grâce à un système de gestion intelligente de l'eau utilisant des données en temps réel et des modèles de prévision, la ville a pu anticiper les variations de la demande en eau et ajuster la distribution en conséquence. Les résultats englobent une meilleure gestion des fluctuations climatiques et une réponse proactive aux perturbations. Cette approche met en évidence l'importance de l'intégration des données dans la prise de décision pour améliorer la résilience. (2020).
4. **New York City, États-Unis** : New York City a adopté une approche holistique pour garantir la résilience de son approvisionnement en eau potable. En créant des zones tampons naturelles et en modernisant régulièrement les infrastructures, la ville a réduit les risques de contamination. L'adoption de technologies de surveillance avancées a également amélioré la réactivité aux problèmes. Les résultats englobent une meilleure préservation de la qualité de l'eau potable et une réduction des risques de contamination, soulignant l'importance de l'approche globale pour assurer la sécurité et la résilience de l'approvisionnement en eau. (2020).
5. **Singapour** : Singapour a pris une approche innovante pour renforcer la résilience de son réseau d'eau potable. En investissant dans des technologies de pointe, telles que la dessalinisation de l'eau de mer et la purification des eaux usées, la ville a réussi à atteindre l'autosuffisance en matière d'eau. Les résultats comprennent une réduction significative de la dépendance à des sources externes et une augmentation de la résilience face à la rareté des ressources en eau. Cette approche met en avant l'importance de l'innovation technologique pour relever les défis futurs en matière d'eau. (2021).

II.6. Conclusion

En conclusion, cette étude bibliographique a examiné en profondeur les différents aspects liés à la résilience des réseaux d'alimentation en eau potable. Les points clés abordés comprennent les définitions et interprétations de la résilience dans ce contexte, les cadres conceptuels et les modèles utilisés pour évaluer cette résilience, ainsi que les facteurs de risque et les menaces qui peuvent compromettre le bon fonctionnement de ces réseaux.

Les études de cas réussies présentées ont illustré comment des villes et des régions du monde ont amélioré leur résilience en adoptant des approches variées, telles que la diversification des sources d'approvisionnement, la modernisation des infrastructures, l'intégration de technologies de pointe et la gestion proactive des risques.

Néanmoins, des lacunes persistent dans la littérature, et des besoins de recherche ont été identifiés pour renforcer la compréhension et l'application de la résilience des réseaux d'eau potable. Ces besoins incluent l'intégration des données et de l'intelligence artificielle, l'adaptation aux changements climatiques, la résilience sociale et communautaire, la sécurité ciblée et la cyber-résilience, la gestion intégrée des ressources en eau, les approches de financement et de gestion des risques, ainsi que l'analyse comparative des politiques et des pratiques.

Il est impératif de continuer à améliorer la résilience des réseaux d'alimentation en eau potable, car cette ressource vitale est exposée à des défis croissants tels que le changement climatique, l'urbanisation rapide et les menaces technologiques. L'accent mis sur la diversification, l'innovation technologique, la planification stratégique et la collaboration entre les parties prenantes restent des éléments clés pour assurer la continuité de l'approvisionnement en eau potable, ainsi que la sécurité et le bien-être des populations desservies.

Chapitre III:

Etude de la résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur

III.1.Introduction

L'eau potable est une ressource cruciale pour toute communauté urbaine, assurant la vie et la santé de ses habitants. Dans cette perspective, la résilience devient une pierre angulaire pour garantir la continuité de l'approvisionnement en eau, même face aux perturbations et aux défis. Ce chapitre se concentre sur un élément vital de la ville de Menaceur : son ancien réseau d'alimentation en eau potable. Notre objectif principal est d'explorer en profondeur la résilience de ce réseau datant d'une époque révolue. En analysant sa capacité à faire face aux exigences contemporaines, nous chercherons des moyens de renforcer son adaptabilité et sa durabilité pour les générations à venir.

III.2.Constitution du réseau d'eau potable de Menaceur

III.2.1.Présentation de l'ancien réseau d'eau potable de Menaceur

Le réseau de distribution du chef-lieu de la commune Menaceur est alimenté actuellement en gravitaire par quatre réservoirs qui sont :

- Réservoir circulaire de capacité 625 m³ située à Menaceur (CR= 230m CTP= 234m).
- Réservoir circulaire de capacité 150 m³ située à Boukabous (CR= 203m CTP= 206m).
- Réservoir circulaire de capacité 300 m³ située à Centre-ville (CR= 198m CTP= 203m)
- Réservoir circulaire de capacité 200 m³ située à AinKhelil (CR= 218 m, CTP= 222m).
- Réservoir circulaire de capacité 75 m³ située à Bouhrbi (CR= 215m CTP= 218m) est aujourd'hui Hors service.

L'alimentation des réservoirs cités ci-dessus est assurée actuellement depuis :

1. Le champ captant d'AinKhelil qui se compose de trois forages distincts, désignés F1, F2 et F2 Bis. Ces forages acheminent ensuite l'eau vers une bache de reprise ayant une capacité de stockage de 60 m³. De là, la station d'AinKhelil effectue un refoulement vers un réservoir au sol d'une capacité de 200 m³, en utilisant une conduite en polyéthylène à haute densité (PEHD) de diamètre nominal 110 (DN110).
2. La source de Verrerie approvisionne une bache de stockage d'eau ayant une capacité de 100 m³. À partir de là, une station de pompage est responsable du refoulement vers trois réservoirs distincts : RV625, RV150 et RV300.
3. La source de Sidi Abdallah est exclusivement dédiée à l'alimentation du réservoir de 625 m³ de Menaceur. Cette source présente une vulnérabilité marquée pendant la saison estivale.

Le réseau de distribution de chef-lieu Menaceur est un réseau très dégradé composé de plusieurs diamètres et différents matériaux (29.1% du linéaire totale en AMC, 30.6% en PVC, 39.2% en PEHD et 1.1% en AG, voir le tableau et le graphe ci-dessous).

Matériau	Diamètre (mm)	Longueur (ml)	Somme longueur (ml)
AMC	40	22	4169
	80	755	
	100	1694	
	125	956	
	150	743	
AG	50	47	152
	60	105	
PVC	40	998	4379
	50	1113	
	63	303	
	75	314	
	90	1112	
	125	539	
PEHD	40	347	5607
	50	980	
	63	1809	
	90	263	
	110	1545	
	125	663	
Total			14307

Tableau III.1 :Caractéristiques du réseau existant (SEEAL 2023)

III.2.2. Etat du réseau de distribution de la ville

Après un diagnostic physique et hydraulique du réseau de distribution, on a constaté que le réseau est très déséquilibré. Le réseau est ancien puisque il date de plus de 30 ans, ce réseau ne répond plus au besoin, il y a défaillance de la plupart des conduites, problème de fuites au niveau des raccordements des pièces spéciales ainsi risque de polluants et aussi présente un mauvais état des conduites (amiante ciment, PVC et acier). La simulation du comportement du réseau montre que certaines parties sont sous dimensionnées et d'autres au contraire surdimensionnées. On a enregistré des pressions moyennes dans la majorité des nœuds du réseau et des vitesses faibles dans la plupart des tronçons aussi les vitesses grandes dans quelque tronçon ce qui nous a obligé à faire une réhabilitation presque totale du réseau (nous avons gardé que les tronçons en PEHD parce qu'ils sont en bon état) en utilisant un autre matériau de conduites et en respectant les normes de pose de canalisation.

La figure suivante est un rappel des résultats du diagnostic hydraulique du réseau :

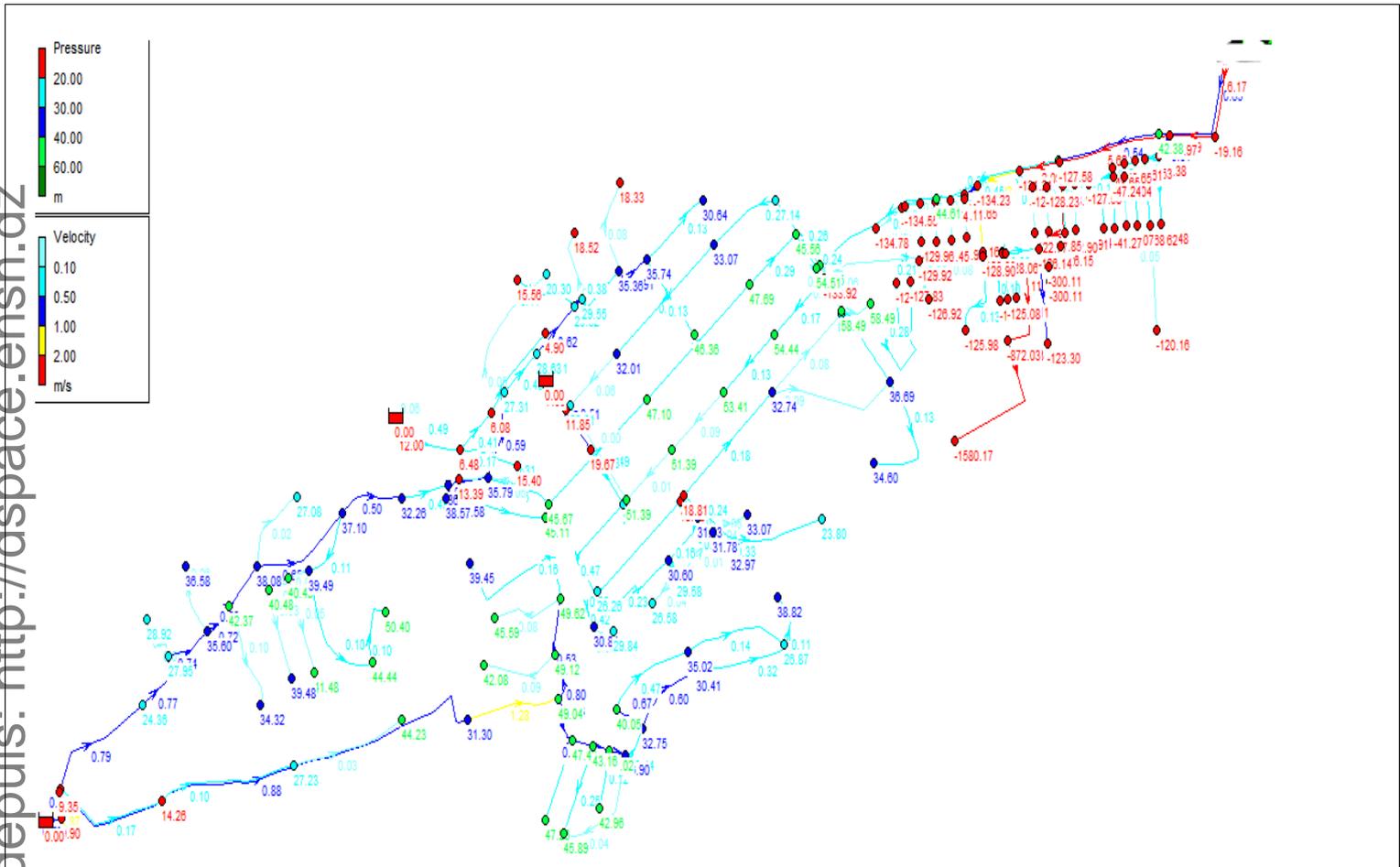


Figure III.1. état hydraulique de réseau ancien de la ville de Menaceur

III.3. Etude de la Résilience de l'ancien réseau de la ville de Menaceur :

Pour étudier la résilience du réseau existant de la ville de Menaceur, nous avons utilisé le python package WNTR.

III.3.1. Présentation de l'outil WNTR

Water Network Tool for Resilience dit WNTR est un package Python open source développé avec une agence de protection de l'environnement, le logiciel est conçu pour quantifier l'impact de plusieurs perturbations sur les réseaux de distribution.

WNTR est conçu pour être très flexible et permet aux chercheurs et aux services de réaliser presque toutes les analyses de résilience qu'ils souhaitent. WNTR permet de connaître la pression, la vitesse, les fuites de canalisations et les zone de contaminations. Ainsi la flexibilité permet aux chercheurs d'effectuer tout type d'analyse en incorporant de nombreux scénarios.

Pour quoi le modèle WNTR :

Le modèle WNTR (Water Network Toolkit for Resilience) présente plusieurs avantages par rapport à d'autres modèles de simulation et de gestion des réseaux d'alimentation en eau potable :

- 1. Focus sur la résilience**
- 2. Open-source et personnalisable**
- 3. Compatibilité avec d'autres outils**
- 4. Gestion de scénarios multiples**
- 5. Utilisation pour la planification et la gestion opérationnelle**
- 6. Support de la recherche et du développement.**

III.3.2. Les pressions

Cette analyse effectue la même simulation que le logiciel Epanet, mais intègre les scénarios que nous avons créés pour les catastrophes naturelles. Le tableau suivant résume les pressions obtenues :

Tableau III.1 : Pressions de l'ancien réseau

Node ID	Cote piézométrique	Pression
	m	m
Junc n2	179	5,23
Junc n3	170	5,21
Junc n9	173	2,91
Junc n10	179	1,79
Junc n13	166	3,77
Junc n14	164,6	3,17
Junc n16	168	3,77
Junc n17	166	3,77
Junc n18	165,8	3,97
Junc n20	167	3,77
Junc n21	167	3,81
Junc n22	171	2,77
Junc n23	169,2	2,58
Junc n24	161	3,78
Junc n25	166	6,21
Junc n26	166	6,21
Junc n27	165	3,78
Junc n31	187,2	1,2
Junc n33	187	1,98
Junc n35	173,5	4,16
Junc n37	156	5,03
Junc n38	182	4,58
Junc n42	189,4	4,18
Junc n44	163	3,77
Junc n45	189	4,65
Junc n46	169	5,75
Junc n47	179	4,74
Junc n50	171	5,91
Junc n51	172	5,84
Junc n53	182	4,78
Junc n54	172	-5,83
Junc n57	186	4,77
Junc n58	195	3,35
Junc n59	209	2,34
Junc n60	189	4,32
Junc n61	192	3,13
Junc n62	206	2,32
Junc n63	200	2,76
Junc n66	185	-4,58
Junc n67	186	4,58
Junc n69	187	4,58

Tableau III.1 : les pressions de l'ancien réseau (suite)

Node ID	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
Junc n74	172,7	3,76
Junc n75	170,2	3,24
Junc n76	165	4,69
Junc n77	165	2,6
Junc n78	187	4,14
Junc n79	176	5,1
Junc n81	0,589	18,4
Junc n82	177	6,27
Junc n83	171	-2,21
Junc n84	159	5,22
Junc n85	171	4,21
Junc n86	159	5,21
Junc n87	170	4,2
Junc n88	160	5,2
Junc n89	169	4,2
Junc n90	160	5,15
Junc n92	161	5,13
Junc n93	168	4,16
Junc n94	169	3,42
Junc n95	169,3	3,12
Junc n96	163	4,42
Junc n97	169,4	3,03
Junc n98	164	4,42
Junc n99	164	-4,42
Junc n100	168,7	3,72
Junc n101	171,4	3,32
Junc n102	172,8	4,9
Junc n103	170,8	6,92
Junc n104	171,2	6,51
Junc n105	166,3	4,41
Junc n106	171,8	5,91
Junc n107	167	0,71
Junc n108	172,5	5,2
Junc n109	167,5	-0,2
Junc n110	172,6	5,1
Junc n111	168	9,7
Junc n112	167	6,13
Junc n113	161	5,13
Junc n114	172,5	5,23
Junc n115	159	9,58
Junc n116	164	4,43
Junc n117	172,8	-3,9
Junc n118	178	0,8
Junc n119	176	-5,79
Junc n120	178	0,69
Junc n121	190	8,55
Junc n122	190	9,53
Junc n123	190	9,49
Junc n124	189	0,47

Tableau III.1 : Pressions de l'ancien réseau (suite)

Node ID	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
Junc n125	180	9,43
Junc n127	196,5	2,91
Junc n128	195	4,34
Junc n129	199	0,76
Junc n130	206	3,34
Junc n131	164	3,05
Junc n132	163,2	3,85
Junc n133	161	6,05
Junc n134	161	6,04
Junc n135	164	3,05
Junc n136	161	6,04
Junc n137	191	8,72
Junc n140	186	3,58
Junc n141	187	2,58
Junc n142	220	9,93
Junc n147	192,24	7,05
Junc n148	191	0,8
Junc n149	180	4,46
Junc n151	192	3,72
Junc n152	185	4,69
Junc n153	193	3,69
Junc n154	200	2,65
Junc n156	187	4,47
Junc n158	198	3,43
Junc n159	205	2,43
Junc n160	176	-5,81
Junc n161	178	5,54
Junc n162	170	5,81
Junc n163	177	1,8
Junc n164	173	5,75
Junc n165	220	0,99
Junc n166	220	0,93
Junc n170	185	4,91
Junc n172	168	0,81
Junc n175	171,8	7,04
Junc n177	164,5	4,27
Junc n178	192	2
Junc n179	190	-1,77
Junc n181	197	6,62
Junc n183	166	1,07
Junc n185	163	4,06
Junc 6	175,4	3,39
Junc 7	172	6,53
Junc 8	204	5,81
Junc 9	215	4,92
Junc 10	202	7,92
Junc 11	173	5,78
Junc 12	187	-1,61
Junc 13	182	6,56

Tableau III.1 : Pressions de l'ancien réseau (suite)

Node ID	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
Junc 14	171	8,18
Junc 15	189	9,42
Junc 16	179	9,95
Junc 17	188	5,77
Junc 18	162	5,06
Junc 19	162	5,03
Junc 20	160	8,58
Junc 21	194	5,55
Junc 22	173	6,17
Junc 23	178	-1,35
Junc 24	184	4,4
Junc 25	183	3,41
Junc 26	177	5,26
Junc 27	170	5,19
Junc 1	173	-3,29
Junc 2	173	5,17
Junc 3	170	4,43
Junc 4	162	4,03
Junc 5	157	4,79
Junc 31	160	4,73
Junc 34	160	4,73
Junc 35	165	4,07
Junc 36	165	4,07
Junc 37	198	0,44
Junc 39	197	0,78
Junc 40	170	3,05
Junc 41	170	5,21
Junc 30	179	19,79
Junc 42	173	2,78
Junc 43	176	-39,26

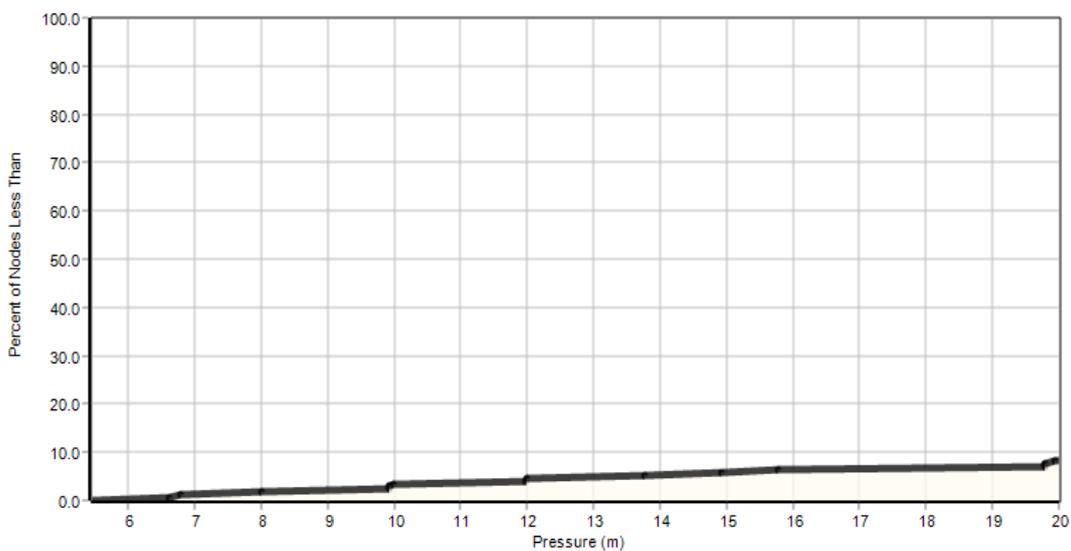


Figure III.01 : Courbe de distribution des pressions dans l'ancien réseau

On remarque que toutes les pressions sont inférieures à 10 m et cela est dû à la faiblesse du réseau face aux scénarios que nous avons mis en place comme les catastrophes naturelles (les séismes et les inondations).

III.3.3. Les vitesses :

A l'aide l'outil WNTR, nous avons aussi effectué une analyse des vitesses dont les résultats sont les suivants :

Tableau III.2 : Vitesses de l'ancien réseau

Link ID	Vitesse
	m/s
Pipe p7	0,13
Pipe p8	0,02
Pipe p9	0,01
Pipe p10	0,07
Pipe p11	0,03
Pipe p12	0,08
Pipe p13	0,01
Pipe p14	0,06
Pipe p15	0,03
Pipe p16	0,01
Pipe p30	0,04
Pipe p31	0,22
Pipe p32	0,05
Pipe p34	0,25
Pipe p36	0,05
Pipe p38	0,14
Pipe p39	0,03
Pipe p41	0,02
Pipe p43	0,02
Pipe p45	0,03
Pipe p47	0,03
Pipe p48	0,19
Pipe p49	0,15
Pipe p50	0,14
Pipe p51	0,09
Pipe p52	0,09
Pipe p58	0,15
Pipe p59	0,04
Pipe p60	0,12
Pipe p61	0,04
Pipe p62	0,09
Pipe p63	0,04
Pipe p64	0
Pipe p65	0,23
Pipe p66	0,84
Pipe p68	0,04
Pipe p69	0,03

Tableau III.2 : Vitesses de l'ancien réseau (suite)

Link ID	Vitesse (m/s)
Pipe p73	0,03
Pipe p74	0,01
Pipe p75	0,09
Pipe p76	0,12
Pipe p77	0,09
Pipe p78	0,02
Pipe p79	0,06
Pipe p80	0,02
Pipe p81	0,03
Pipe p82	0,02
Pipe p83	0,01
Pipe p84	0,02
Pipe p85	0,03
Pipe p86	0,16
Pipe p88	0,03
Pipe p89	0
Pipe p90	0,06
Pipe p91	0,04
Pipe p94	0,23
Pipe p95	0,08
Pipe p96	0,18
Pipe p98	0,03
Pipe p99	0,03
Pipe p100	0,12
Pipe p101	0,03
Pipe p103	0,03
Pipe p104	0,02
Pipe p105	0,03
Pipe p106	0,02
Pipe p107	0,01
Pipe p110	0,27
Pipe p111	0,21
Pipe p114	0,25
Pipe p115	0,24
Pipe p116	0,03
Pipe p117	0,23
Pipe p118	0,01
Pipe p120	0,01
Pipe p122	0,13
Pipe p124	0,01
Pipe p125	0,19
Pipe p127	0,01
Pipe p128	0,12
Pipe p129	0,39
Pipe p130	0,16
Pipe p131	0,18
Pipe p132	0,22
Pipe p133	0,03
Pipe p134	0,25

Tableau III.2 : Vitesses de l'ancien réseau (suite)

Link ID	Vitesse (m/s)
Pipe p135	0,03
Pipe p136	0,16
Pipe p137	0,03
Pipe p138	0,44
Pipe p139	0,3
Pipe p144	0,01
Pipe p149	0,14
Pipe p150	0,05
Pipe p152	0,01
Pipe 6	0,16
Pipe 7	0,19
Pipe 8	0,14
Pipe 9	0,28
Pipe 11	0,04
Pipe 14	0,01
Pipe 15	0,02
Pipe 17	0,03
Pipe 10	0,26
Pipe 12	0,23
Pipe 18	0,2
Pipe 20	0,18
Pipe 21	0,1
Pipe 22	0,05
Pipe 23	0,14
Pipe 24	0,05
Pipe 25	0,03
Pipe 26	0,01
Pipe 27	0,26
Pipe 28	0,26
Pipe 31	0,08
Pipe 32	0,01
Pipe 33	0,2
Pipe 34	0,2
Pipe 36	0,02
Pipe 19	0,03
Pipe 39	0,15
Pipe 40	0,04
Pipe 42	0,19
Pipe 43	0,15
Pipe 44	0,03
Pipe 45	0,13
Pipe 52	0,01
Pipe 55	0,02
Pipe 57	0,07
Pipe 58	0,08
Pipe 59	0,09
Pipe 60	0,18
Pipe 61	0,16
Pipe 62	0,14

Tableau III.2 : Vitesses de l'ancien réseau (suite)

Link ID	Vitesse (m/s)
Pipe 63	0,06
Pipe 64	0,04
Pipe 65	0,02
Pipe 66	0,18
Pipe 67	0,17
Pipe 1	0,25
Pipe 2	0,03
Pipe 4	0,08
Pipe 5	0,28
Pipe 29	1,24
Pipe 30	0,92
Pipe 37	0,01
Pipe 47	0
Pipe 48	0,17
Pipe 49	0,08
Pipe 56	0,37
Pipe 68	0,01
Pipe 69	0,15
Pipe 70	0,15
Pipe 71	0,03
Pipe 72	0,27
Pipe 73	0,72
Pipe 74	0,13
Pipe 75	0,02
Pipe 76	0,02
Pipe 77	0,04
Pipe 78	0,18
Pipe 80	0,18
Pipe 82	0,05
Pipe 83	0,31
Pipe 35	0,06
Pipe 46	0,13
Pipe 50	0,11
Pipe 16	0,21
Pipe 3	0,33
Pipe 41	0,12
Pipe 53	0,06
Pipe 54	1,46
Pipe 79	1,38
Pipe 81	0,25

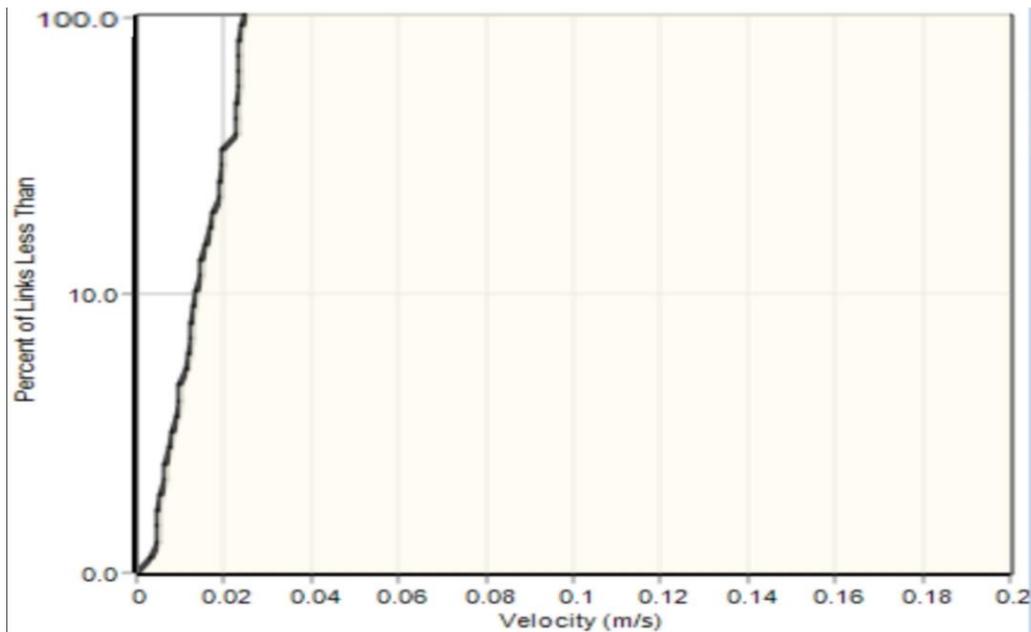


Figure III.02 : Courbe de distribution des vitesses de l'ancien réseau de Menaceur

On remarque que toutes les vitesses sont inférieures à 0.1 m/s donc il y'a un risque de dépôt de calcaire et de contamination.

III.3.4. Fuites dans les canalisations :

Cette analyse soumet le réseau à plusieurs scénarios, y compris des catastrophes naturelles telles que les séismes et les inondations, et examine comment les canalisations réagissent à ces conditions. Ensuite, les résultats sont présentés sous forme de carte où toutes les canalisations sont colorées avec différentes couleurs représentant différents niveaux de danger, comme illustré dans la figure qui suit et qui montre le réseau avec les conduites présentant un risque de fuite évalué par l'outil WNTR selon son importance :

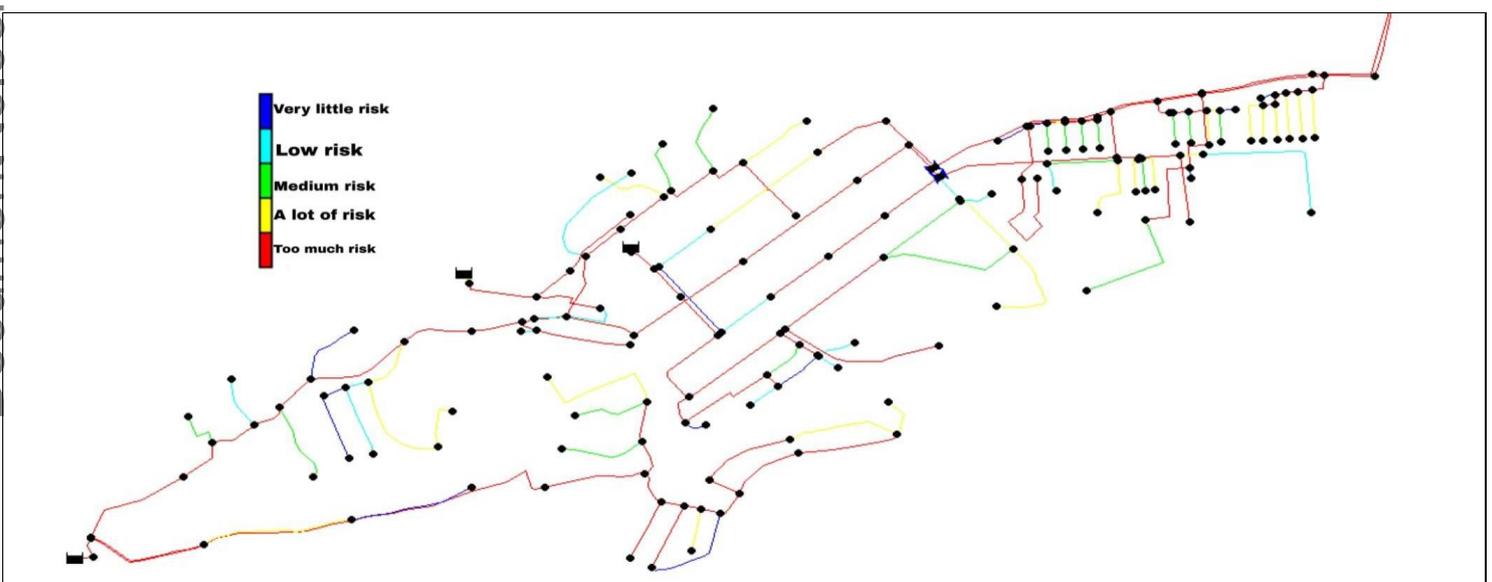


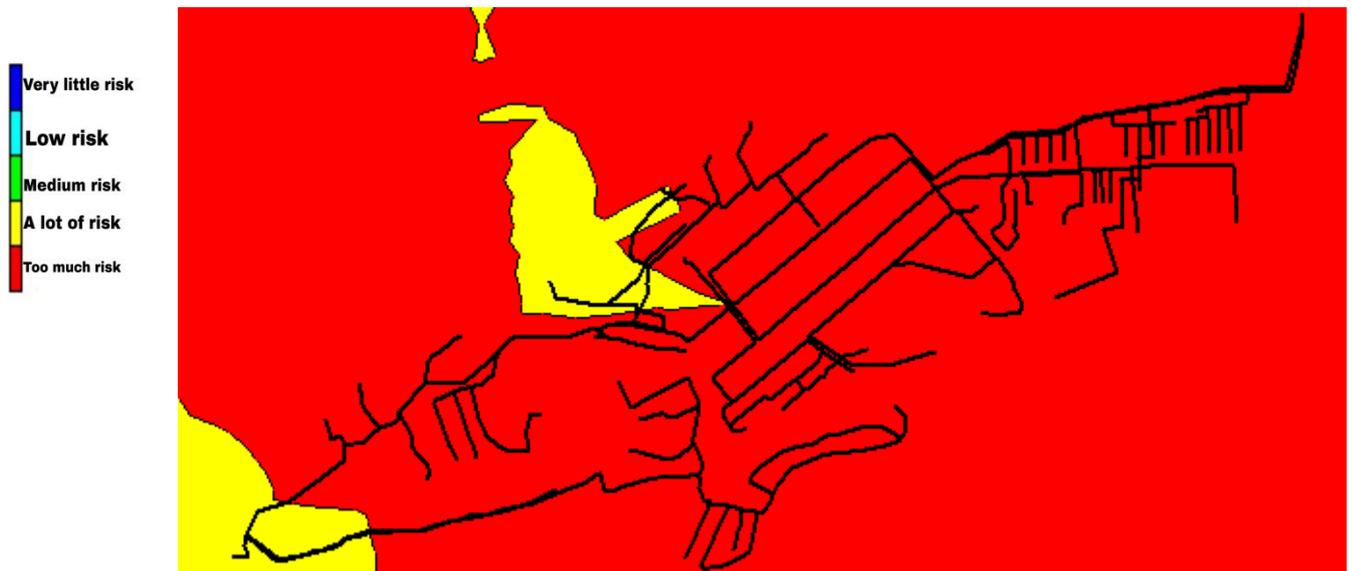
Figure III.03 : les fuites de canalisations de l'ancien réseau

On remarque que presque toutes les canalisations de l'ancien réseau présentent un risque de fuite. On note que :

- 83% du réseau présente un risque élevé de fuites.
- 10% du réseau présente un risque moyen de fuites.
- 7% du réseau présente un risque faible de fuites.

III.3.5.les zones de contamination :

L'analyse des zones de contamination est basée sur les analyses précédentes (fuites, pression, vitesse), et en fonction de ces résultats, elle établit une carte pour identifier les zones susceptibles à la contamination:



FigureIII.04 : Zones de contamination de l'ancien réseau

On remarque que tout l'ancien réseau présente un risque de contamination donc de santé.

III.3.6. Conclusion :

Après les analyses que nous avons réalisées sur l'ancien réseau de la ville de Menaceur (wilaya de Tipaza) à l'aide de l'outil WNTR, Nous avons constaté que le réseau a une faible résistance aux conditions extrêmes, il n'est donc pas résilient et il faut vraiment y remédier.

Dans le chapitre qui suit nous analysons la résilience du nouveau réseau que nous avons projeté dans le cadre du mémoire de fin d'étude, et cela pour analyser une éventuelle amélioration de la résilience.

Chapitre IV:

Etude de la résilience du réseau réhabilité de Menaceur

IV.1.Introduction

Après l'analyse que nous avons faite sur l'ancien réseau de la ville de Menaceur, nous avons constaté que la résilience du réseau était très faible, et comme nous avons suggéré de réhabiliter le réseau (fait en MFE), nous réalisons dans ce chapitre la même analyse sur le nouveau réseau pour voir s'il y a amélioration de la résilience une fois notre réseau réhabilité.

IV.2.Réhabilitation du réseau d'AEP de Menaceur

III.2.1.Présentation du réseau réhabilité de Menaceur

1.Après réhabilitation du réseau d'AEP de la ville de Menaceur, nous avons conclu que l'alimentation nécessitait, en plus des quatre anciens réservoirs, un nouveau réservoir projeté dont les caractéristiques sont :

Tableau IV.01 : caractéristique du réservoir projeté

Type de réservoir	Localisation	Capacité	Cote de radier	Cote de trop plein
circulaire, semi-enterré	Menaceur	3000 m ³	200 m	207 m

2. L'alimentation des réservoirs est assurée actuellement par les sources précédemment mentionnées et après avoir réalisé un bilan Ressources-Besoins, nous avons noté un déficit de 102.58 l/s, ce dernier sera complété par la station de dessalement de Fouka (Tipaza).

Tableau IV.2 : Bilan Ressources-Besoins à différents horizons

Horizon	2023	2033	2043	2053
Besoins journalier m ³ /j	3039.426	4392.77	8479.44	13566.53
Production m ³ /j	4680.39	4680.39	4680.39	4680.39
Bilan m ³ /j	1640.96	287.62	-3799.05	-8886.14
Bilan l/s	18.99	3.33	-43.97	-102.85

3. Le réseau de distribution du chef-lieu Menaceur, après réhabilitation, est composé de 100% des conduites en PEHD, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3: Caractéristiques du réseau réhabilité

Matériau	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Total
PEHD	Ø355	538,19	5406.84
PEHD	Ø280	277,7	
PEHD	Ø225	265,83	
PEHD	Ø200	87	
PEHD	Ø180	201,8	
PEHD	Ø160	1438,46	
PEHD	Ø125	898,4	
PEHD	Ø110	864,54	
PEHD	Ø75	326,6	
PEHD	Ø63	310,7	
PEHD	Ø50	197,62	

III.2.2. Caractéristiques du réseau réhabilité

Les nœuds présentent des niveaux de pression satisfaisants, et les conduites affichent des vitesses d'écoulement appropriées. La plupart des vitesses se situent dans une plage acceptable, variant de 0,38 m/s à 2,5 m/s, tandis que les pressions aux nœuds varient de 10 à 50 mètres de colonne d'eau, ce qui garantit un fonctionnement optimal du réseau.

La figure suivante est un rappel des résultats obtenus pour les paramètres hydrauliques dans le réseau réhabilité :

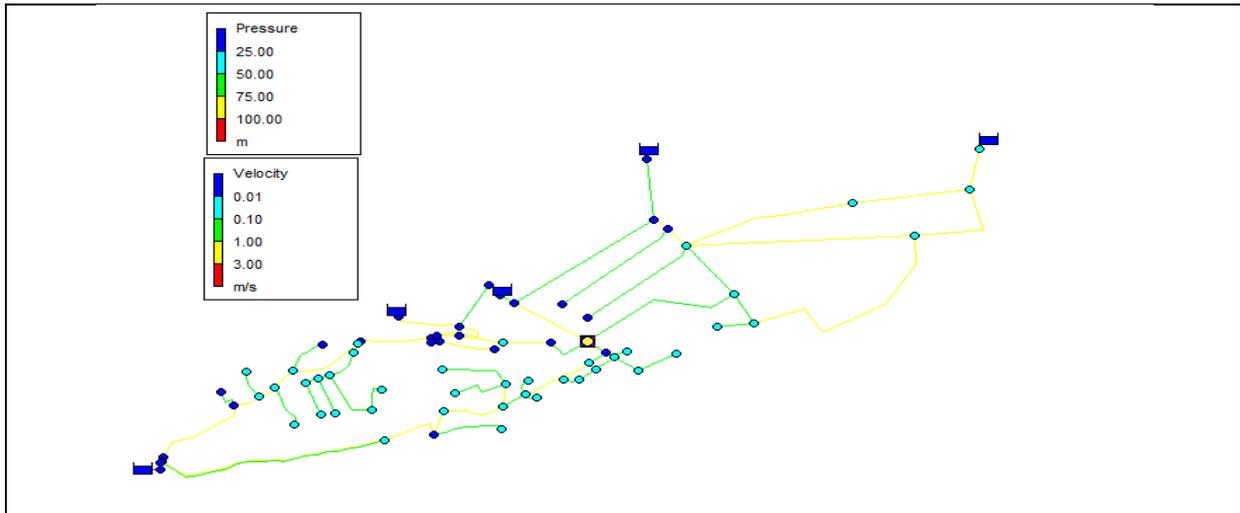


Figure IV.1 :l'état de réseau réhabilité

IV.3.Etude de la résilience du réseau réhabilité de la ville de Menaceur :

L'analyse que nous effectuerons sera la même que l'analyse que nous avons effectuée sur l'ancien réseau afin de déterminer la résistance du nouveau réseau.

Les scénarios dans le contexte de la simulation de réseaux d'eau, tels que ceux réalisés avec le WNTR jouent un rôle essentiel dans la planification et la gestion efficace des réseaux d'alimentation en eau. Ils permettent de modéliser diverses situations possibles, ce qui aide les experts en gestion de l'eau à prendre des décisions éclairées et à anticiper les réponses aux défis potentiels. Ces scénarios peuvent être par exemple:

- Scénario de Catastrophe Naturelles (les inondations, les séismes, ...).
- La contamination, glissement de terrain, panne de courant.

IV.3.1. Les pressions

Cette analyse effectuée la même simulation que le logiciel Epanet, mais en intégrant des scénarios de catastrophes naturelles.

Tableau IV.04 : Pressions de réseau réhabilité

Node ID	Cote piézométrique	Pression
	m	m
Junc n9	179	15.23
Junc n10	170	15.21
Junc n11	173	12.91
Junc n12	179	11.79
Junc n13	166	13.77
Junc n14	164.6	13.17
Junc n15	168	14.77
Junc n16	166	15.77
Junc n17	165.8	12.97
Junc n18	190	13,21
Junc n19	189,4	13,72
Junc n20	189	18,82
Junc n22	185	16,9

Tableau IV.04 : Pressions de réseau réhabilité (suite).

Node ID	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
Junc n23	186	16,82
Junc n25	182	17,23
Junc n26	187	15,91
Junc n27	176	11,86
Junc n28	190	11,49
Junc n29	189	12,5
Junc n30	180	10,45
Junc n31	200	12,52
Junc n32	199	12,67
Junc n33	191	18,26
Junc n34	192	8,7
Junc n35	186	16,43
Junc n36	187	14,61
Junc n37	219	10,21
Junc n38	219,4	10,52
Junc n39	192,24	15,89
Junc n40	185	14,44
Junc n41	193	15,94
Junc n42	200	16,72
Junc n43	180	18,48
Junc n44	187	14,46
Junc n45	171	15,92
Junc n46	220	10,49
Junc n47	220	10,18
Junc n48	200	17,99
Junc n49	171	11,36
Junc n50	192	12,54
Junc n51	190	10,6
Junc n54	172	13,54
Junc n55	175	13,96
Junc n56	173	16,88
Junc n57	176	17,62
Junc n58	177	10,02
Junc n59	176,5	12,34
Junc n60	179	15,48
Junc n61	161	12,96
Junc n62	162	12,14
Junc n63	173,5	13,43
Junc n68	164,5	18,6
Junc n69	171,8	11,26
Junc n70	168	15,29
Junc n79	176	12,31
Junc n80	163	11,8
Junc n81	162	14,96
Junc n82	170	14,15
Junc n83	189	10,01
Junc n84	187	12,29
Junc n85	179	13,77
Junc n86	184	15,4
Junc n87	178	19,27

Tableau IV.04 : Pressions de réseau réhabilité (suite).

Node ID	Cote piézométrique (m)	Pression (m)
Junc n89	164,5	18,37
Junc n90	173	17,29
Junc n91	190	10,03
Junc n92	189	13,21
Junc n93	187	11,2
Junc n94	188	11,35

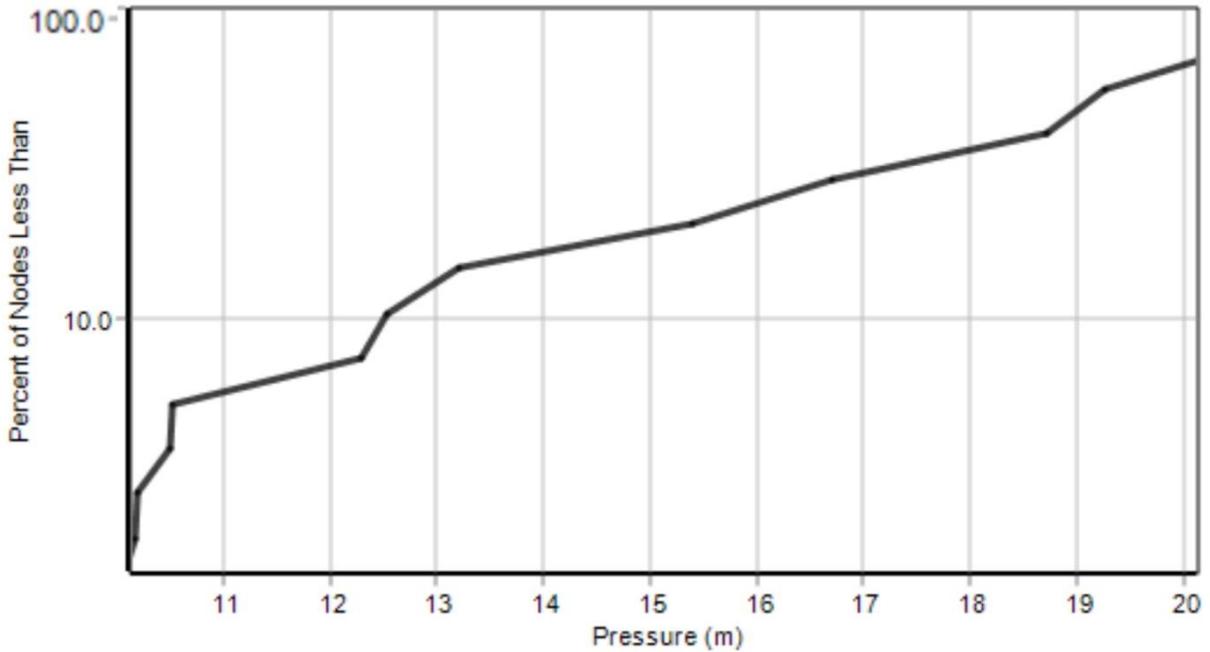


Figure IV.01 : Distribution des pressions dans le réseau réhabilité

On remarque que toutes les pressions sont entre 10 et 20 m donc dans les normes, ce qui permet d'assurer la distribution et cela du fait de la bonne réhabilitation du réseau qui peut maintenant faire face au scénario de catastrophes naturelles que nous avons mis en place.

IV.3.2. Les vitesses :

Cette analyse à l'aide l'outil WNTR effectue la même simulation que le logiciel Epanet, mais intègre les scénarios que nous avons créés pour les catastrophes naturelles, L'analyse des vitesses a mené aux résultats suivants

Tableau IV.05 : Vitesses dans le réseau réhabilité

Link ID	Vitesse
	m/s
Pipe p7	0.13
Pipe p8	1.02
Pipe p9	0.81
Pipe p10	0.77
Pipe p11	1.03
Pipe p12	0.68
Pipe p13	0.51
Pipe p14	0.66
Pipe p15	0.53
Pipe p16	0.62

Tableau IV.05 : Vitesses dans le réseau réhabilité (suite)

Link ID	Vitesse (m/s)
Pipe p17	3.56
Pipe p22	0.66
Pipe p23	0.24
Pipe p24	1.05
Pipe p25	0.55
Pipe p26	0.67
Pipe p27	0.56
Pipe p28	0.53
Pipe p29	0.51
Pipe p30	3.71
Pipe p31	1.69
Pipe p32	3.67
Pipe p33	3.64
Pipe p34	0.40
Pipe p35	3.60
Pipe p36	0.57
Pipe p37	0.75
Pipe p38	2.39
Pipe p39	0.18
Pipe p40	0.08
Pipe p41	0.55
Pipe p43	0.59
Pipe p44	0.34
Pipe p48	0.72
Pipe p49	1.71
Pipe p55	0.31
Pipe p56	0.40
Pipe p57	0.25
Pipe p64	2.07
Pipe p65	0.31
Pipe p67	0.87
Pipe p68	0.77
Pipe p69	1.04
Pipe p71	0.83
Pipe p72	1.53
Pipe C1	0.77
Pipe C2	0.96
Pipe C3	2.23
Pipe C4	0.54
Pipe C6	1.07
Pipe C8	1.17
Pipe C9	2.99
Pipe C10	3.37
Pipe C11	0.25
Pipe C12	1.35
Pipe C5	1.58
Pipe C13	1.22
Pipe C15	2.13
Pipe C18	2.09
Pipe C19	0.71
Pipe C20	1.30

Tableau IV.05 : Vitesses dans le réseau réhabilité (suite).

Link ID	Vitesse (m/s)
Pipe C21	1.33
Pipe C22	1.26
Pipe C23	1.94
Pipe C24	0.86
Pipe C25	0.50
Pipe C14	3.74
Pipe C16	3.28
Pipe C17	3.37
Pipe C26	1.49
Pipe C27	0.68
Pipe C30	3.02
Pipe C31	3.08
Pipe C32	0.58
Pipe C35	1.87
Pipe C36	3.09
Pipe C7	0.38
Pipe C28	0.92
Pipe C29	0.51
Pipe C33	0.56

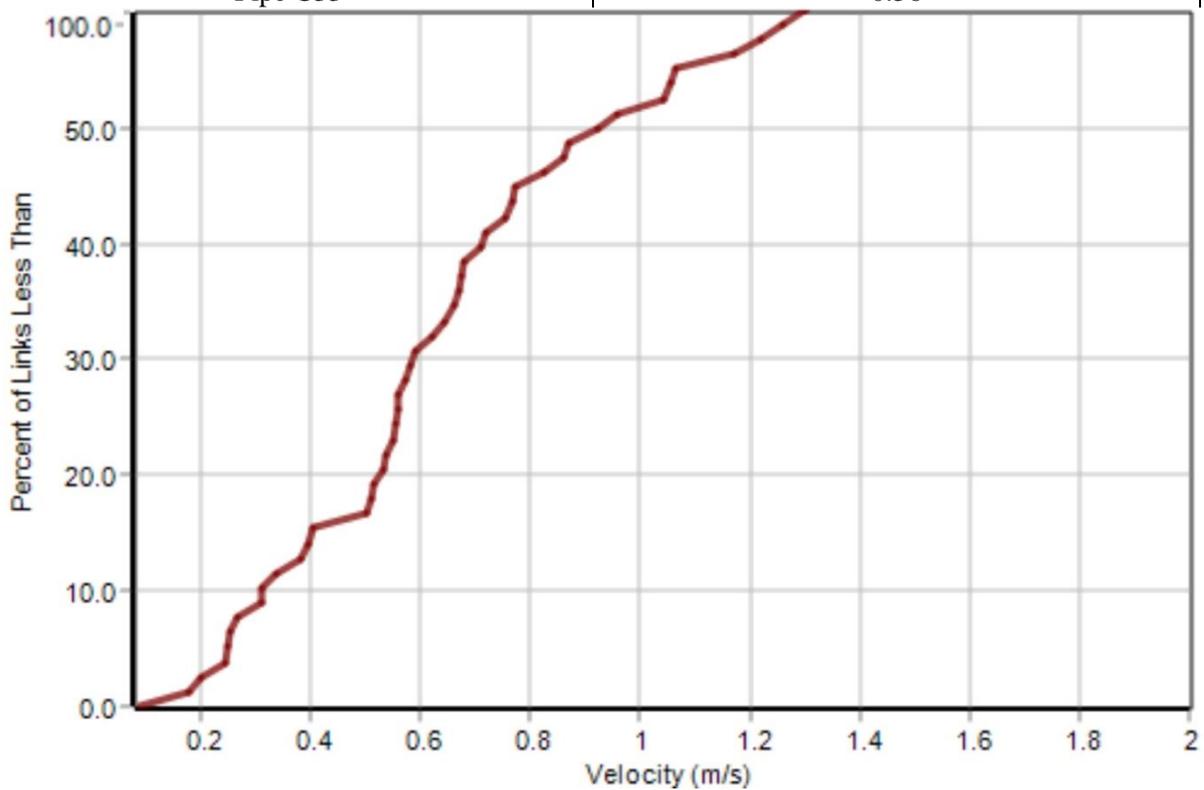


Figure IV.02 : Distribution des vitesses dans le réseau réhabilité

On remarque que la plupart des vitesses sont entre 0.2 et 1.4 m/s donc une bonne vitesse presque dans tout le réseau, il y'a un faible pourcentage (8%) de tronçons présentant une vitesse faible (pipe p7).

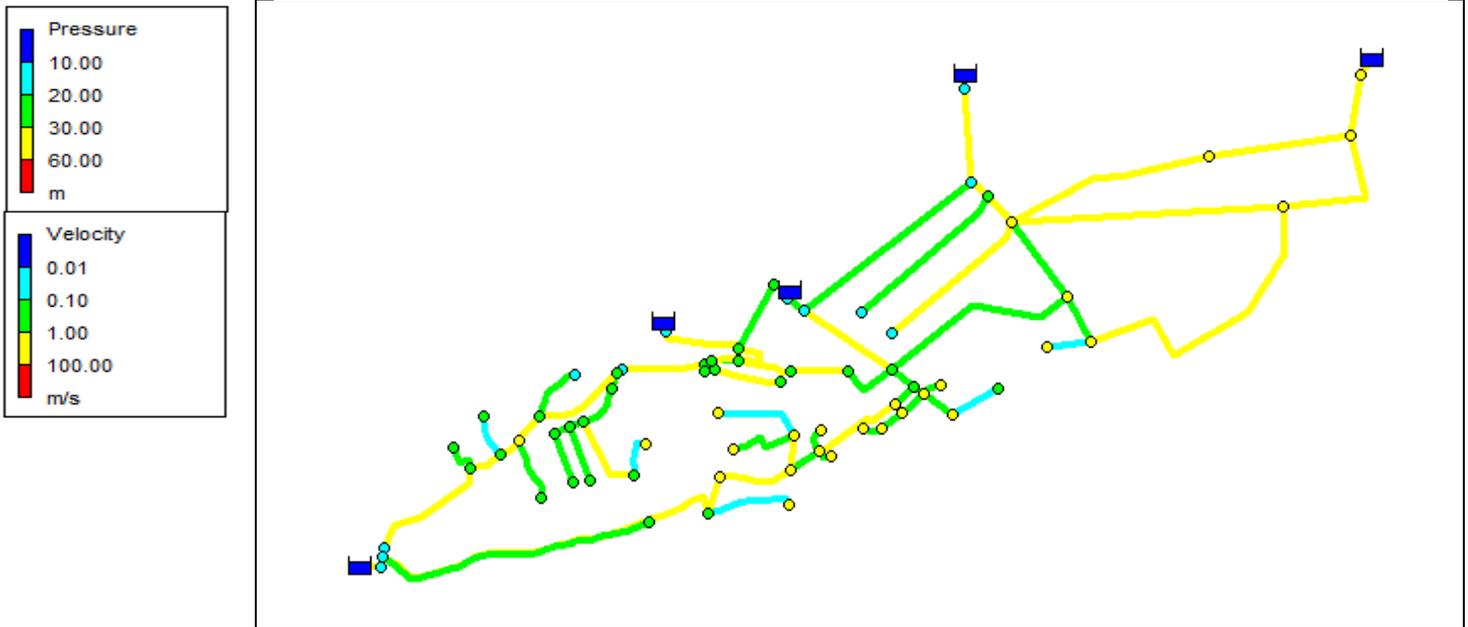


Figure IV.03 : Pressions et vitesses dans le réseau

III.3.3. Fuites dans les canalisations :

Cette analyse soumet le réseau à plusieurs scénarios, y compris des catastrophes naturelles telles que les séismes et les inondations, et examine comment les canalisations réagissent à ces conditions. Ensuite, les résultats sont présentés sous forme de carte où toutes les canalisations sont colorées différemment selon le niveau de danger, comme illustré dans la figure ci-dessous.

Cette figure représente le réseau avec les conduites présentant un risque de fuite évalué par l'outil WNTR selon son importance :

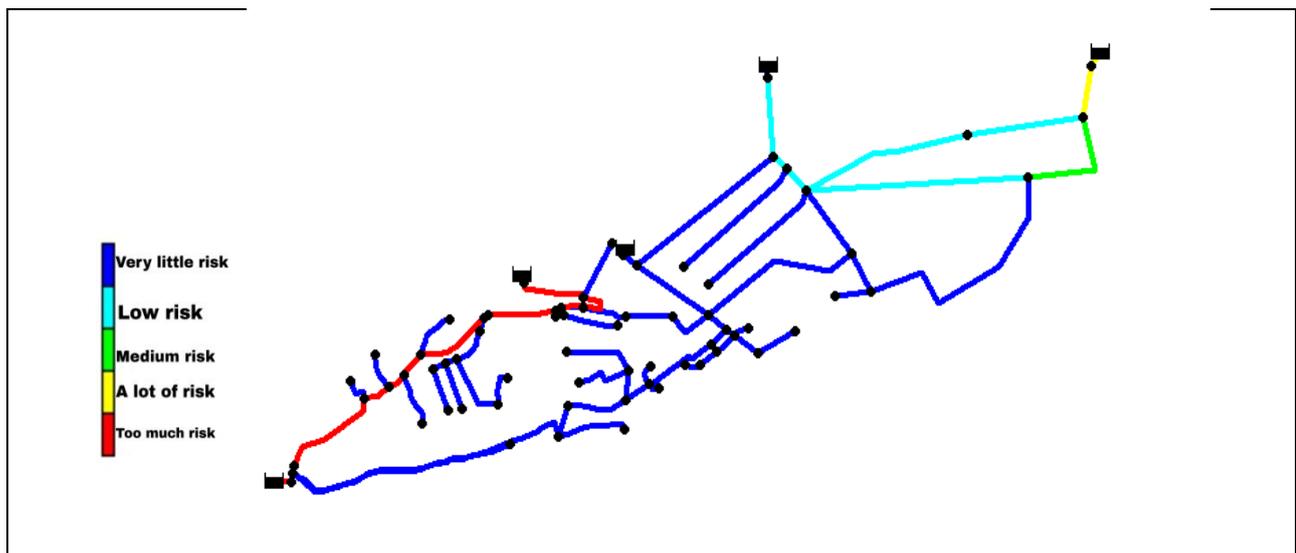


Figure IV.04 : Fuites dans les canalisations du réseau réhabilité

On remarque que presque tout le réseau est sécurisé contre les fuites, mais certains tronçons présentent quand même un risque de fuites, ce sont ceux reliés aux réservoirs. Nous expliquons cela par les pressions importantes qui règnent dans ces conduites. Notons que :

- 97% du réseau présente un risque faible de fuites.
- 3% du réseau présente un risque élevé de fuites

III.3.4.Zones de contamination :

L'étude des zones de contamination est basée sur les analyses précédentes : fuites, pression, et vitesse, et en fonction de ces résultats, elle établit une carte pour identifier les zones susceptibles à la contamination.



Figure IV.05 : Zones de contamination du réseau réhabilité

On remarque que notre réseau réhabilité ne présente pas de risque de contamination du fait que nos conduites ne sont pas sensibles aux fuites. On remarque qu'il y a une petite zone exposée à la contamination, mais avec le type de réseau (maillé) on peut isoler cette partie afin de réparer le défaut.

III.3.5. Conclusion :

Après les analyses que nous avons réalisées sur le réseau réhabilité de la ville de Menaceur (wilaya de Tipaza) à l'aide de WNTR, Nous avons constaté que le réseau réhabilité a une bonne résistance aux conditions extrêmes telles que les catastrophes naturelles. Il y a une amélioration évidente de la résilience dans le réseau réhabilité comparé à l'ancien réseau.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire de Master, nous avons étudié la résilience du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Menaceur. Vu que nous avons procédé dans un précédent travail à une réhabilitation de ce réseau, nous avons étudié la résilience de l'ancien réseau et de celui réhabilité afin de voir si notre réhabilitation a apporté une amélioration dans les performances du réseau en cas d'évènements exceptionnels comme les séismes.

Cette étude a donc porté sur l'évaluation de la résilience du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Menaceur, située dans la wilaya de Tipaza, en utilisant le modèle WNTR (Water Network Toolkit for Resilience). Au cours de cette recherche, nous avons examiné en détail le réseau d'eau potable de Menaceur, son fonctionnement actuel, et sa capacité à résister aux perturbations et à se rétablir.

Après une recherche bibliographique nous avons trouvé que l'étude de la résilience des réseaux est très importante pour améliorer la gestion de l'eau et renforcer la pérennité de la distribution de l'eau potable.

Après l'étude de résilience de l'ancien réseau de Menaceur nous avons trouvé que le réseau ancien a une faible résilience, donc il ne peut assurer la distribution en cas de difficulté suite à des catastrophe naturelles (les inondations, les séismes, ...), une contamination, un glissement de terrain, une panne de courant.

Et doit donc être renforcé, chose que nous avons faite lors de l'étude de réhabilitation menée dans le cadre du mémoire de fin d'étude.

L'étude de la résilience du réseau après sa réhabilitation a montré de bon résultat de résilience, car les pressions et les vitesses étaient conformes aux normes, ce qui garantit une distribution continue, et a montré que le réseau est dans une très large mesure insensible à la contamination et aux fuites. Nous avons noté une partie minime où la résilience était faible, mais on peut les contenir et les isoler grâce à un bon choix du type de réseau (Maillé).

Les références bibliographiques :

1. American Water Works Association (AWWA). (2012). Risk Assessment and Management Handbook for Water Utilities.
2. Asit K. Biswas, & Cecilia Tortajada. (2012). Design and Construction of Urban Water Supply Systems.
3. Alberto Campisano, & Enrico Creaco. (2018). Urban Water Distribution Networks.
4. D. A. DeWalsche, & P. W. J. Derose. Water Distribution System Analysis.
5. Environmental Protection Agency (EPA). (2018). Ground Water and Drinking Water. Retrieved from <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water>
6. Larry W. Mays. (1999). Water Distribution Systems Handbook.
7. Larry W. Mays. (2017). Water Distribution Systems: Cured-in-Place Pipe (CIPP) and Trenchless Technology.
8. Larry W. Mays. (2018). Urban Water Supply Handbook.
9. Magdi S. Mahmoud. (2006). Dynamic Simulation and Control of Water Networks.
10. Frank R. Spellman. (2014). Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations.
11. William M. Turner, & Charles N. Haas. (2001). Water Supply and Distribution.
12. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2011). Guidelines for Drinking-Water Quality. Fourth Edition. Geneva. Récupéré sur https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/
13. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2011). Eau potable: Faits et chiffres. Récupéré sur https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/burden/en/

Liens Internet :

1. Melbourne Water. (2019). "Our Water Future - Resilient Melbourne's Water Strategy." <https://www.melbournewater.com.au/our-water-future-resilient-melbournes-water-strategy>
2. Danva. (2021). "Sustainable Water Utility of the Year - Greater Copenhagen Utility HOFOR." <https://www.danva.dk/international/projects/sustainable-water-utility-of-the-year-greater-copenhagen-utility-hofor/>
3. Tokyo Metropolitan Government Bureau of Waterworks. (2020). "Tokyo Metropolitan Waterworks - Special Feature: Earthquake Countermeasures." <https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suido/english/about/tokusyu/jishin.html>

4. New York City Department of Environmental Protection. (2020). "NYC Water Supply."
https://www.nyc.gov/assets/dep/downloads/pdf/watersupply/NYC_Water_Supply.pdf
5. Public Utilities Board Singapore. (2021). "Four National Taps - NEWater."
<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>