

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de Technologie



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

Master en Hydraulique

Spécialité : Ouvrage Hydraulique

Etablie par :

Mr. .DERRAS SIDI MOHAMED & Mr. DJEDAINI ISMAIL

Intitulé

**« Etude de dimensionnement et asservissement des ouvrages et réseaux d'alimentation en eau potable avec mise en place d'une maquette de simulation réduite
Etude du cas d'AEP du Nouveau Quartier de Sidi Djillali – Wilaya de Tlemcen »**

Soutenu publiquement, le **09/10/2019**, devant le jury composé de :

Mr. S. MELIANI	Professeur	Président
Mme. I. GUASMI	MCB	Examinatrice
Mr. A. BENMANSOUR	Professeur	Examineur
Mr. L. BENADDA	MAA	Directeur de mémoire
Mr. M. HABI	Professeur	Co-directeur de mémoire

Année Universitaire 2019/2020

« Remerciements »

Nous adressons nos vifs remerciements :

Tout d'abord, au Dieu tout Puissant, de nous avoir donné la force et la patience de réaliser ce travail.

À nos professeurs pour nous avoir guidés, tout au long de notre parcours d'étudiant.

À nos familles qui nous ont toujours encouragés, soutenus et appris à donner le meilleur de nous-mêmes.

À notre encadreur, Monsieur BENADDA LOTFI, pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée ; sans son aide, le présent travail n'aurait certainement jamais vu le jour.

À Monsieur HABI MOHAMMED d'avoir accepté de Co-encadrer ce travail.

Nous remercions également à Monsieur BENADDA BELKACEM pour son aide précieuse pour réussir une partie de ce travail.

À nos professeurs, membres du jury, Madame MAROK-GUASMI IMEN, Monsieur BENMANSOUR ABDELHALIM et Monsieur MELIANI SIDI MOHAMED pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

À toute l'équipe pédagogique du Département d'Hydraulique de l'Université de Tlemcen pour avoir assuré notre formation et enrichi notre savoir tout le long de notre cursus universitaire.

Enfin, à tous ceux qui ont participé de loin ou de près pour la réussite de notre travail.

MERCI

DERRAS M. & DJEDAINI I.

Dédicaces

Avec l'aide de dieu tout puissant on a pu achever ce

Modeste travail que je dédie :

*A mes chers père et mère « le cœur sur la terre » de
m'avoir aidé avec leur conseils et leur soutien moral, en
espérant que dieu les gardes et leur donne la santé*

A mon cher frère et mes chères sœurs

A tous ceux qui portent le nom DERRAS

*A mes collègues Melouk, Ghali, Bouelam, Aissaoui,
Tiar, Ouafi et tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

A ma promotion 2018-2019

Mr. DERRAS SIDI MOHAMED

Dédicaces

Avec l'aide de dieu tout puissant on a pu achever ce

Modest travail que je dédie :

A la mémoire de ma défunte mère

A mon cher père

À mes chers Frères et Sœurs

A tous ceux qui portent le nom DJEDAINE

A mes chers collègues Aissaoui, Bouelam, Melouk,

Ouafi et Ghali

A ma promotion 2018-2019

A mes amis Khaled, Youssef et tous ceux qui sont chers

pour moi

Mr. DJEDAINE ISMAIL

RESUME

La gestion de la distribution de l'eau reste de nos jours une vraie problématique, plusieurs méthodes d'alimentation en eau sont appliquées pour satisfaire les besoins. Dans cette démarche, nous avons effectué une étude d'alimentation en eau du nouveau quartier de Sidi Djillali au Sud/Ouest (Wilaya de Tlemcen), avec l'utilisation de l'asservissement comme moyen de stratégie de contrôle de l'alimentation. Pour cela, nous avons conçu un modèle réduit de la zone d'étude, avec mise en place de notre réseau projeté par la mise au point d'un réservoir et des canalisations à échelle réduite, doté d'un système d'asservissement automatique, en utilisant un Arduino-Uno et des capteurs de niveau et de débits, ainsi que d'autres composants, les résultats du fonctionnement du réseau sont transmis par un programme à un Ordinateur. L'étude a démontré que le réseau que nous avons projeté donne une distribution adéquate en matière de consommation.

Mots-clés : stratégie de contrôle, distribution en eau, modèle réduit, asservissement automatique, Quartier Sidi Djillali.

ABSTRACT

The management of the distribution of water remains today a real problem; several methods of water supply are applied to satisfy the needs. In this approach, we conducted a water supply study of the new district of SIDI Djillali South / West (Wilaya De Tlemcen), with the use of strategy of Control water distribution networks. To do this, we designed a reduced model of the study area, with the installation of our projected network by the development of a reservoir and reduced-scale pipes, equipped with an automatic control system, using an Arduino-Uno, level and water flow sensors, as well as other components, the results of network operation are transmitted by a program to a computer. The study showed that the network we have projected provides adequate distribution in terms of consumption.

Keywords: control strategy, reduced model, distribution network, district of SIDI Djillali, automatic control system

ملخص

لا تزال إدارة توزيع المياه تشكل حتى الآن مشكل حقيقي حيث يتم تطبيق عدة طرق لتوفير المياه لتلبية الاحتياجات. في هذا المنهج، أجرينا دراسة لإمداد المياه الى منطقة سيدي جيلالي التي تقع في جنوب غرب ولاية تلمسان، باستخدام استراتيجية التحكم في شبكات التوزيع. للقيام بذلك، قمنا بتصميم نموذج لمنطقة الدراسة، وهذا مع تركيب خزان مرتبط بشبكة مياه ذات أنابيب صغيرة الحجم مجهزة بنظام تحكم تلقائي، باستخدام Arduino-Uno وأجهزة استشعار المستوى والتدفق بالإضافة إلى مكونات أخرى بحيث يتم نقل نتائج تشغيل الشبكة بواسطة برنامج إلى جهاز كمبيوتر. أظهرت الدراسة أن الشبكة التي وضعناها توفر توزيعاً مناسباً من حيث الاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: استراتيجية التحكم، توزيع المياه، النموذج المصغر، التحكم الآلي، حي سيدي جيلالي.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 :GENERALITES SUR LES RESEAUX D’AEP	4
1.1. INTRODUCTION	5
1.2. DESCRIPTIOND’UN RESEAU D’AEP	5
1.3. LES OUVRAGES LIES A RESEAU D’AEP	5
1.3.1. CAPTAGE	5
1.3.2. TRAITEMENT	6
1.3.3. PRODUCTION – ADDUCTION	6
1.3.3.1. PRODUCTION	6
1.3.3.2. ADDUCTION	6
1.3.4. STOCKAGE	7
1.4. RESEAU DE DISTRIBUTION.....	7
1.4.1. DEFINITION.....	7
1.4.2. TYPES DES RESEAUX D’AEP	8
1.4.2.1. RESEAU DE DISTRIBUTION RAMIFIE.....	8
1.4.2.2. RESEAU DE DISTRIBUTION MAILLE	8
1.4.2.3. RESEAU DE DISTRIBUTION ETAGE	9
1.4.2.4. RESEAU A DOUBLE ALIMENTATION	9
1.4.3. CALCUL HYDRAULIQUE DES RESEAUX DE DISTRIBUTION	9
1.4.3.1. RAPPELS HYDRAULIQUES.....	9
1.4.3.2. BESOIN EN EAU	10
1.4.3.3. CALCUL D’UN RESEAU MAILLE PAR HARDY-CROS.....	13
1.4.3.4. LES PERTES DE CHARGE.....	14
1.4.4. MATERIAUX DES CONDUITE	16
1.4.5. APPAREILLAGES ET ACCESSOIRES	16
1.4.5.1. JOINT	16
1.4.5.2. LES VANNES.....	16
1.4.5.3. LES VENTOUSES.....	17
1.4.5.4. LES DECHARGES	17
1.4.5.5. LES POTEAUX D’INCENDIE	18
1.4.5.6. LES REGULATEURS DE PRESSION	18
1.4.5.7. PIECES SPECIALES	18
1.5. LES PROBLEMES DES RESEAUX D’AEP	18
1.6. CONCLUSION.....	19
CHAPITRE 02 :GESTION DES RESEAUX ET SYSTEMES D’AUTOMATISATION	20
2.1. INTRODUCTION	21
2.2. GESTION DE L’EAU EN ALGERIE.....	21
2.2.1. REGIE DIRECTE.....	21
2.2.2. REGIE DELEGUEE.....	21
2.3. DEFINITION DE L’AUTOMATISME	22
2.4. OBJECTIF DE L’AUTOMATISME.....	22
2.5. STRUCTURE DE SYSTEME AUTOMATISE	23

2.5.1. PARTIE OPERATIVE (PO)	24
2.5.2. LA PARTIE COMMANDE (PC).....	25
2.6. LES AUTOMATES PROGRAMMABLES (API).....	22
2.6.2. DEFINITION API	23
2.6.3. LES AVANTAGES DES AUTOMATES PROGRAMMABLES.....	23
2.7. LES SYSTEMES DES CONTROLES.....	26
2.7.1. GENERALITE SUR LES SYSTEMES DES CONTROLES	26
2.7.2. LES TYPES DES SYSTEMES DE CONTROLE	26
2.8. CONCLUSION.....	28
CHAPITRE 03 : ETUDE TECHNIQUE DU RESEAU D’AEP DU NOUVEAU QUARTIER DE SIDI DJILLALI.....	29
3.1. INTRODUCTION	30
3.2. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	30
3.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE	30
3.2.2. SITUATION CLIMATOLOGIQUE	32
3.2.3. SITUATION HYDROLOGIQUE	32
3.2.4. SITUATION GEOLOGIQUE	33
3.3. LE LOTISSEMENT OBJET DE L’ETUDE	34
3.4. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION.....	36
3.4.1. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU	36
3.4.2. DIMENSIONNEMENT DU CHATEAU D’EAU	36
3.4.3. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION.....	38
3.4.4. ETUDE DU RESEAU DU SITE.....	40
3.5. CONCLUSION.....	48
CHAPITRE 04 : AUTOMATISATION DU RESEAU D’AEP SUR MODELE REDUIT	49
4.1. INTRODUCTION	50
4.2. MATERIELS ET METHODE.....	50
4.2.1. COMPOSANTS DU CIRCUIT HYDRAULIQUE.....	50
4.2.2. DESCRIPTION DE LA MAQUETTE.....	54
4.2.3. MISE EN FONCTIONNEMENT DE LA MAQUETTE	61
4.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS	61
4.4. SYNTHESE	62
CONCLUSION GENERALE	63
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66

LISTE DES ABREVIATIONS

A.D.E	: Algérienne Des Eaux.
A.E.P	: Alimentation en Eau potable
ANRH	: Agence National Resource Hydraulique .
APC	: L'assemblée Populaire Communal.
API	: Les automates Programmables Industriels.
C	: Coefficient de rugosité de Hazen-Williams.
d	: diamètre du tuyau.
DCS	: Système de Contrôle Distribué.
Dext	: Diamètre extérieur.
Din	: Diamètre intérieure.
DSA	: Direction des Service Agricole.
e	: Epaisseur de la conduite.
ESHA	: European small hydropower association.
g	: L'accélération de la pesanteur.
GND	: GrouND (la Terre).
H	: l'altitude de la section de mesure par rapport à une référence.
h	: la charge totale en.
HCDS	: Haut-commissariat au Développement de la Steppe.
HL	: perte de charge.
ICSP	: In Circuit Serial Programming.
J	: gradient de pertes de charge.
Kp	: coefficient de pointe journalier
Li	: Longueur de tronçon.
n	: coefficient de rugosité de Manning.
NPS	: Net Promoter Score.
P	: la pression dans la section de mesure.
Pa	: Population actuelle.
PC	: Partie Commande.
PDAU	: Plan Directeur D'aménagement et D'urbanisme.
Pf	: Population future.
Pin	: Broche.
PO	: Partie Opérative.
Q	: débit, en m ³ /s
Qc	: Débit Concentré au nœud.
Qmoy	: débit moyen en.
Q _{ni}	: Débit au nœud i.
Qp	: le débit pointe.
Q _{ph}	: Débit de pointe horaire en.
Q _{ri}	: Débit en route dans le tronçon i.
Qsp	: le débit spécifique.
T	: Taux d'accroissement de la population.
V	: vitesse de l'écoulement.

VCC : Alimentation Tension Continue.

ΔH_s : pertes de charge singulière.

ΔH_L : pertes de charge linéaire.

λ : Coefficient de frottement.

$\sum Q_{Ci}$: La somme des débits concentrés au nœud i.

$\sum Q_{ri_k}$: la somme des débits en route des tronçons reliés au nœud i.

$\sum L_i$: la somme des longueurs des tronçons.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'homme depuis son existence a su utiliser l'eau dans ses diverses activités que ce soit pour sa propre consommation ou pour l'agriculture et ses activités économiques. D'ailleurs depuis toujours l'eau a demeurait l'élément indispensable au développement de la vie humaine.

L'alimentation en eau potable constitue l'ensemble des moyens et infrastructures dont dispose l'ingénieur pour transporter l'eau depuis la source jusqu'au consommateur. Celui-ci doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales). Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant une chaîne composée de cinq étapes principaux :

- ❖ Prélèvements - captages.
- ❖ Traitement pour la potabilité de l'eau.
- ❖ Production et transfert.
- ❖ Stockage.
- ❖ Distribution au consommateur.

De nos jours, ouvrir un robinet d'eau à domicile est un geste simple, aussi bien en zone rurale qu'en agglomération. La disponibilité de cet élément vital demande la mise en œuvre de moyens techniques et humains considérables, rôle effectué par les services de distribution d'eau potable, dont ils doivent assurer avec les quatre objectifs suivants :

- ❖ Une qualité de l'eau qui ne doit pas nuire à la santé du consommateur et doit être conforme à la réglementation sanitaire.
- ❖ L'usager 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.
- ❖ Le service de distribution doit être assuré au quotidien avec le minimum d'interruptions.
- ❖ La pression, ni trop forte, ni trop faible, doit garantir un confort d'utilisation à l'usager.

L'atteinte de ces objectifs doit impérativement respecter deux contraintes majeures, à savoir ; la préservation de la ressource et le coût raisonnable du service de distribution tant pour l'usager que pour la collectivité.

Le réseau d'alimentation en eau potable constitue un patrimoine sur lequel les gestionnaires doivent agir pour adapter le service proposé aux attentes des abonnés, de plus en plus inquiets et exigeants, en plus les contraintes réglementaires de plus en plus fortes.

Ceci dit, mettre à niveau le fonctionnement de l'infrastructure demande d'intervenir sur ses composants, principalement les conduites de distribution d'eau, qui se trouvent au centre d'une problématique de gestion technique dont les enjeux stratégiques, financiers et fonctionnels sont très importants.

La maîtrise de la gestion de l'eau a toujours été considérée en Algérie comme un objectif prioritaire du développement du pays. Aujourd'hui, la plupart des algériens ont de l'eau au robinet, mais la gestion de sa distribution devient une préoccupation majeure.

Le développement des techniques technologique est plus que jamais inscrit comme outil primordial à appeler pour l'amélioration de la gestion de la distribution en eau, tel que les programmes d'asservissement automatique permettant le contrôle que ça soit pour le stockage et le transport, dans le but de diminuer l'intervention humaine et assuré le bon fonctionnement de système pour.

Dans ce contexte, nous sommes intéressés dans ce travail à l'étude et la gestion du réseau d'AEP d'un nouveau quartier sis à Sidi Djillali (Wilaya de Tlemcen), par l'utilisation de la technologie d'asservissement automatique permettant de simuler le bon fonctionnement du réseau et ses organes.

Pour le faire, une maquette de l'agglomération sera mise place, avec réalisation du réseau projeté et ses organes sur la maquette à échelle réduite, celle-ci constituera une petite installation hydraulique prototype, sur laquelle la distribution sera automatisée par un circuit de commande et de contrôle électronique, composé d'une carte Arduino et capteurs de débit et de niveau, à partir du pompage jusqu'au réseau, en passant par le réservoir.

Ainsi, notre travail s'articule sur quatre (04) chapitres :

- ❖ Chapitre 01 : traitant un rappel général sur les réseaux d'alimentation en eau potable, où nous présenterons les différents ouvrages constituant un réseau d'AEP et les problèmes qui rencontrent.
- ❖ Chapitre 02 : est consacré à l'objectif de la gestion des réseaux d'AEP, leurs types en se focalisant sur la description des systèmes de gestion automatique par la représentation des automates programmables API et leur avantage, ainsi que, les systèmes des contrôles et leurs types.
- ❖ Chapitre 03 : dimensionnement du réseau d'alimentation du nouveau quartier de Sidi Djillali (Wilaya de Tlemcen).
- ❖ Chapitre 04 : concerne la réalisation d'une maquette représentant le système étudié avec description détaillée du prototype hydraulique réduit de la région ainsi que le logiciel et le matériel utilisés pour le contrôle et la gestion.

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LES RESEAUX D'AEP

1.1. INTRODUCTION

Le distributeur d'eau potable a toujours le souci de couvrir les besoins des consommateurs, en quantité et qualité suffisantes. Il doit aussi veiller à la bonne gestion et à la perfection de toutes les infrastructures concourant l'approvisionnement en eau.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents ouvrages constituant un réseau d'Alimentation en Eau Potable, généralité sur les réseaux distribution et les problèmes pouvant être rencontrés dans un tel réseau d'AEP.

1.2. DESCRIPTION D'UN RESEAU D'AEP

Un réseau d'A.E.P constitue l'ensemble des moyens et infrastructures 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.

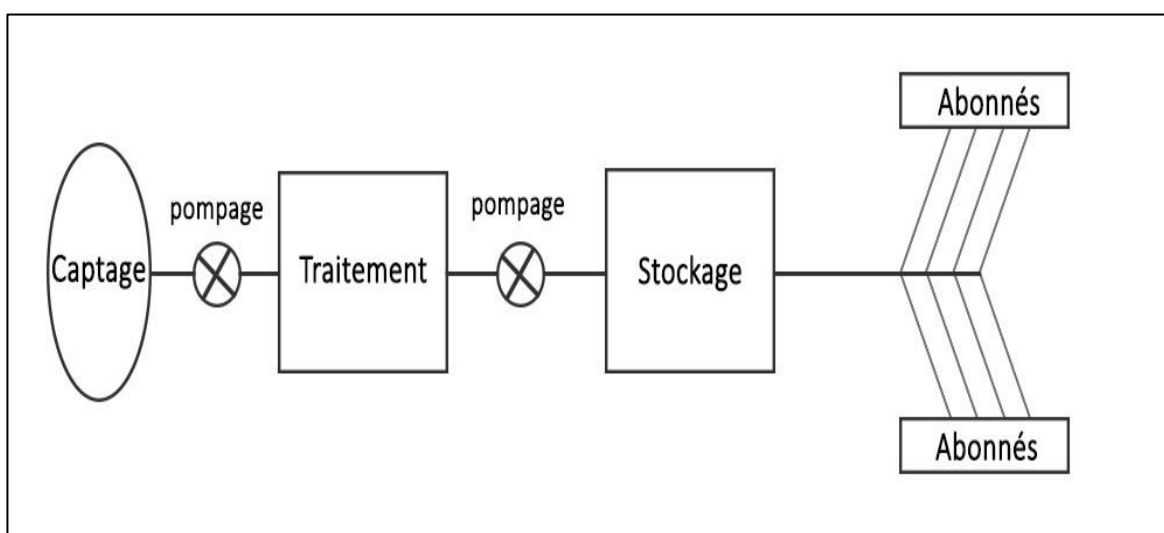


Figure 1.1: Schéma générale d'un réseau d'AEP

1.3. LES OUVRAGES LIES AU RESEAU D'AEP

1.3.1. CAPTAGE

C'est l'ensemble des ouvrages qui permettent de capter de l'eau (au niveau de la ressource en eau) et qui peut être [1] :

- ❖ D'origine superficielle : lac, barrage, oued, mer ...
- ❖ D'origine souterraine : nappe, source ...

Il permet de recueillir l'eau naturelle, cette eau peut être d'origine superficielle ou bien Souterraine.

Il y cinq grands types de captages existants :

- ❖ Les prises en rivière : qui sont peu fréquentes dans la région. Elles sont particulièrement sensibles aux pollutions car elles ne bénéficient pas du rôle de filtre joué par le sol.
- ❖ Les captages de plan d'eau : qui sont minoritaires mais qui fournissent souvent des gros débits.
- ❖ Les captages de source : qui captent un mélange complexe d'eau de surface et d'eau profonde. Ils sont majoritaires dans la région.
- ❖ Les puits et les forages.

1.3.2. TRAITEMENT

Ensemble des ouvrages qui permettent de traiter (rendre potable) une eau naturelle qui vient d'être captée. [1]

Le traitement peut être :

- ❖ Très simple, par exemple pour le cas d'une eau de profondeur ;
- ❖ Ou éventuellement complexe, et c'est le cas d'une eau de surface.

Les principales opérations de traitement sont :

- ❖ Clarification.
- ❖ Mise à l'équilibre calco-carbonique.
- ❖ Traitement spécifique : dé-ferrisation, dé-manganisation.

1.3.3. PRODUCTION – ADDUCTION

1.3.3.1. PRODUCTION

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 [2] :

- ❖ 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.

1.3.3.2. 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 [2] :

- ❖ 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.

1.3.4. 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 [2] :

- ❖ Fonctions techniques il permet de 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.

On distingue deux types : Le réservoir surélevé (sur tour) et le réservoir au sol (enterré ou semi enterré), Lorsque la topographie permet de disposer d'un point haut pour construire un réservoir au sol, c'est cette solution qui est en général retenue. En revanche, lorsque le terrain ne présente pas de point suffisamment élevé, nous pouvons opter pour l'une ou l'autre des solutions suivantes : un château d'eau (réservoir surélevé) ou un réservoir au sol [3].

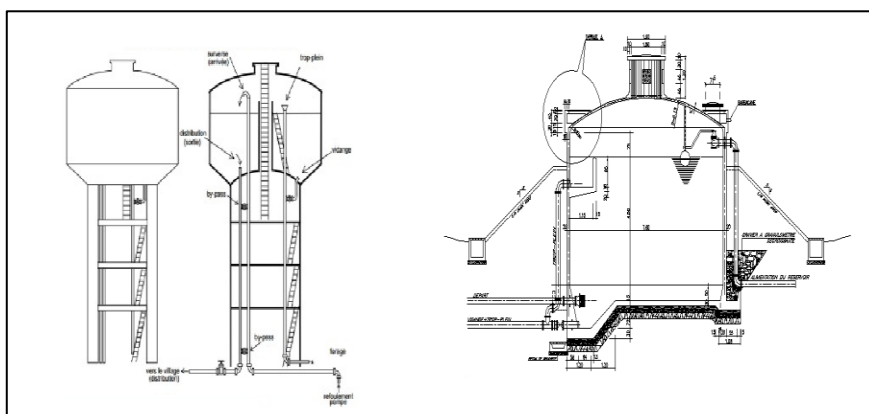


Figure1.2 : Les types des réservoirs [3]

1.4. RESEAU DE DISTRIBUTION

1.4.1. DEFINITION

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. L'écoulement de l'eau dans les conduites de distribution se fait le plus souvent par gravité. Le réseau de distribution peut être soit [3] :

- ❖ Réseau Ramifié.
- ❖ Réseau Maillé.
- ❖ Réseau Mixte (les deux à la fois), et sans oublier le cas des réseaux en étage.

Les diamètres varient de 20 mm pour les branchements jusqu'à plus de deux (02) mètres pour les canalisations d'adduction des très grands centres urbains. Un réseau bien entretenu est un réseau fiable.

1.4.2. TYPES DES RESEAUX D'AEP

1.4.2.1. RESEAU DE DISTRIBUTION RAMIFIE

Composé de conduites qui vont toujours en se divisant à partir du point d'alimentation sans jamais se refermer pour former une boucle. Dans le réseau ramifié les conduites ne comportent aucune alimentation en retour, présente l'avantage d'être économique, mais il manque de sécurité et de souplesse en cas de rupture : un accident sur la conduite principale prive d'eau tous les abonnés d'aval [3].

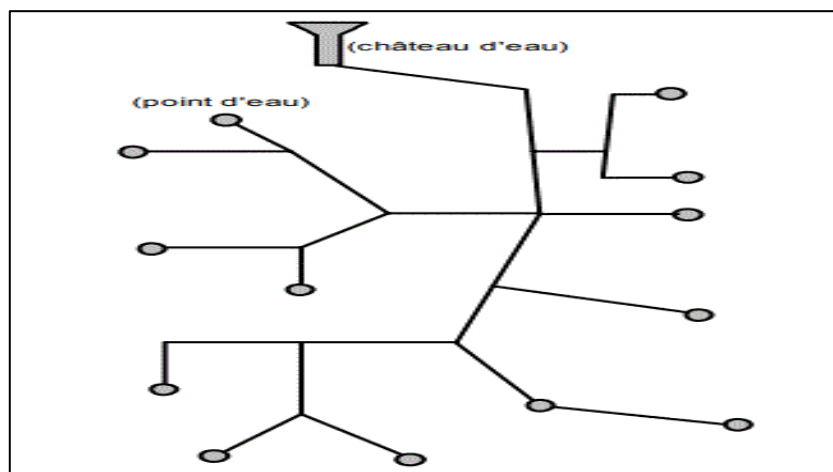


Figure 1.3: Réseau de distribution ramifié [3]

1.4.2.2. RESEAU DE DISTRIBUTION MAILLE

Composé de conduites suivant des contours fermés formant ainsi plusieurs mailles. Le réseau maillé permet, au contraire du réseau ramifié, une alimentation en retour, donc d'éviter l'inconvénient du réseau ramifié. Une simple manœuvre de robinets permet d'isoler le tronçon accidenté et de poursuivre néanmoins l'alimentation des abonnés d'aval. Il est bien entendu, plus coûteux d'établissement, mais, en raison de la sécurité qu'il procure, il doit être toujours préféré au réseau ramifié [3].

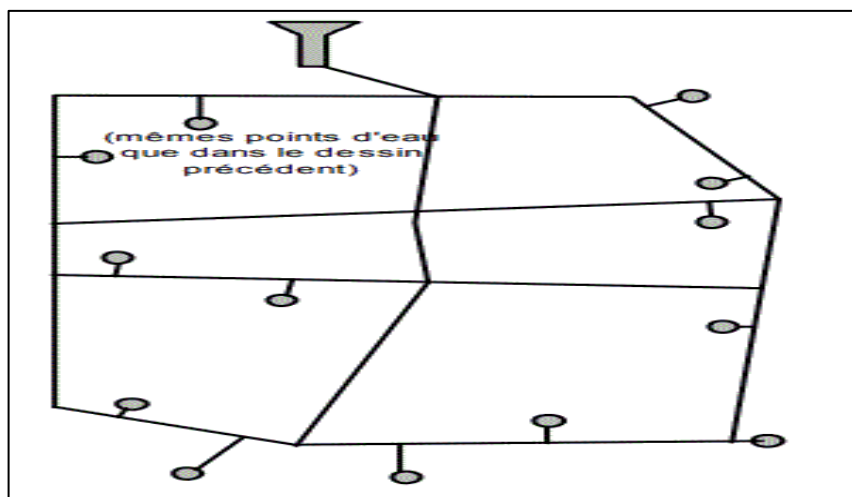


Figure 1.4 : Réseau de distribution maillé [3]

1.4.2.3. RESEAU DE DISTRIBUTION ETAGE

Conseiller dans le cas d'agglomération présentant des différences de niveaux importantes. Il éviter les problèmes énormes posés par les fortes pressions pour assurer une pression de service acceptable par contre la maintenance des équipements de sectionnement est fréquente [3].

1.4.2.4. RESEAU A DOUBLE ALIMENTATION

C'est un réseau à deux fonctions de distribution, l'une d'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et au lavage et arrosage des rues et plantations, ces réseaux ne se justifient que dans les installations, extrêmement importantes [3].

1.4.3. CALCUL HYDRAULIQUE DES RESEAUX DE DISTRIBUTION

1.4.3.1. RAPPELS HYDRAULIQUES

L'hydraulique étudie les lois des écoulements des liquides ainsi que leurs applications. Elle est basée sur les principes de la mécanique des fluides surtout la célèbre équation de Bernoulli.

En effet, l'énergie d'un écoulement d'eau dans une conduite circulaire est exprimée sous la forme d'une charge. Cette charge correspondant au poids d'une colonne d'eau ayant la même énergie est donnée par l'équation de Bernoulli :

$$H = h + P + \frac{V^2}{2g} \quad 1$$

La charge totale en un point est la somme algébrique de l'énergie potentielle h , de l'énergie de la pression P et de l'énergie cinétique $V^2/2g$. Dans notre cas, on négligera l'énergie cinétique dans les calculs car la vitesse de circulation des eaux dans les réseaux d'AEP comprise entre 0,5 et 1,5 m/s, donc elle n'aura pas une grande influence sur la charge totale même si on l'introduit dans les calculs.

Lors de son passage dans une conduite circulaire entre deux sections 1 et 2, l'eau perd une quantité de sa charge à cause du frottement contre les parois internes de la conduite :

$$H = H + \Delta H$$

2

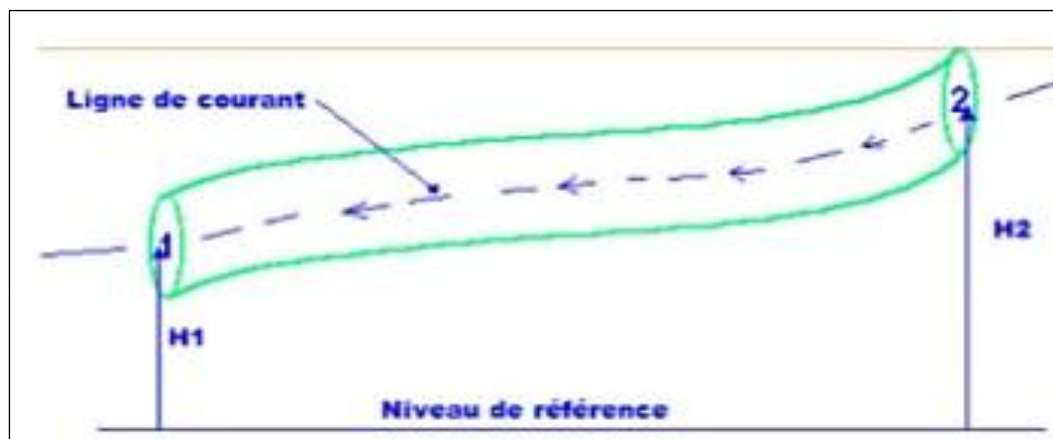


Figure 1.4 : Représentation de la charge totale entre deux sections

Notions principales dans un réseau d'AEP :

- ❖ Pression nominale : elle correspond à la pression de service admissible dans une conduite, en bar, pour le transport de l'eau à 20 °C.
- ❖ Diamètre nominale : c'est le diamètre extérieur de la conduite pour les conduites en plastique, et le diamètre intérieur pour les conduites en fonte. Son unité est le (mm).
- ❖ Le débit : C'est la quantité d'eau qui s'écoule à travers la section interne de la conduite pendant une unité de temps. Contrairement à la pression, le débit qui entre dans un nœud est le même qui sort de celui-ci, son unité est le (m³/s).
- ❖ La vitesse : c'est la longueur de tuyaux parcourue par l'eau dans un temps donné, son unité est le (m/s). Cette vitesse peut être déterminée par l'utilisation de la formule de calcul du débit :

$$V = Q / S \quad 3$$

1.4.3.2. BESOIN EN EAU

❖ DOTATION :

L'estimation des besoins en eau est délicate, car ceux-ci peuvent varier d'une région à l'autre, ou même au sein de la même agglomération en fonction du temps (heure de pointe, jour de pointe,) Cette estimation en eau dépend de plusieurs facteurs (l'augmentation de la population, équipements sanitaires, niveau de vie de la population...).

En effet, les spécialistes du domaine essayent d'évaluer la consommation journalière moyenne d'un Homme pour chaque type d'agglomération c'est ce qu'on appelle aujourd'hui la dotation. Celle-ci n'est pas attribuée seulement à l'être humain mais aussi aux animaux domestiques (bovins, volailles,) et aux équipements de proximité (écoles, hôtels, hôpitaux,), son unité est variable selon le consommateur (Tableau 1.1) :

Tableau 1.1 : Unité de la dotation

CONSOMMATEUR	UNITE DE LA DOTATION
DOMESTIQUE	l/j/hab
BOVINS	l/j/tête
HOPITAL	l/j/lit
ÉCOLE	l/j/élève
MOSQUEE	l/j/hab

❖ **ACCROISSEMENT DE LA POPULATION :**

L'évaluation du nombre d'habitant à un horizon futur se fait sur la base du taux d'accroissement de la population actuelle, dans le cas où la population suit une loi d'une progression géométrique, cette évaluation se déduit d'une relation de la forme :

$$P_f = P_a (1+t)^n \quad 4$$

Avec :

- P_f : population future prise à l'horizon quelconque (hab).
- P_a : population de l'année de référence (hab).
- n : nombres d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré.
- t : taux d'accroissement annuel de la population.

❖ **CONSOMMATION :**

Pour calculer la consommation totale du projet, on calcule la consommation de chaque ménage et équipement en se référant aux dotations arrêtées pour le projet et au nombre d'habitants adopté pour chaque logement et en appliquant par la suite la relation [4] :

$$\text{CONSOMMATION}(m^3/J) = \frac{\text{POPULATION} \cdot \text{DOT}}{1000} \quad 5$$

❖ **DEBIT MOYEN :**

Il exprime le débit moyen nécessaire d'un logement pour satisfaire ses besoins, son unité est le : (l/s), il se calcul comme suit [4] :

$$Q_{\text{moy}}(l/s) = \frac{\text{CONSOMMATION} \cdot 1000}{86400} \quad 6$$

❖ **DEBIT POINTE :**

Il reflète le débit satisfaisant les besoins d'un logement pendant le jour où la demande est à son maximum. Pour calculer ce débit, on introduit la notion du coefficient de pointe journalier, qui varie pour tenir en compte des gaspillages, des pertes, ainsi que des erreurs d'estimations. Son unité est le : l/s, sa formule est [4] :

$$Q_p(l/s) = Q_{\text{moy}} \cdot K_p \quad 7$$

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy}}}} \quad 8$$

Avec :

- Q_p : Débit de pointe journalier en l/s.
- Q_{moy} : Débit moyen en l/s.
- K_p : Coefficient de pointe journalier.

❖ **DEBIT DE POINTE HORAIRE :**

Il définit le débit contentant les besoins en eau d'un logement pendant l'heure la plus chargée, il fait intervenir à son tour un coefficient de pointe horaire qui varie lui aussi pour les mêmes raisons. Son unité est le : l/s, et on utilise la formule suivante pour l'évaluer [4] :

$$Q_{ph} = Q_{moy} \cdot k_{ph} \quad 9$$

Avec :

- Q_{ph} : Débit de pointe horaire en l/s.
- Q_{moy} : Débit moyen en l/s.
- K_p : Coefficient de pointe horaire.

❖ **DEBIT SPECIFIQUE :**

Défini comme étant le rapport entre le débit de pointe et la somme des longueurs des tronçons du réseau ont un débit en route, on suppose que les besoins domestiques sont uniformément répartis sur toute la longueur du réseau :

$$Q_{sp} = Q_p / \sum l_i \quad 10$$

Avec :

- Q_p : le débit moyen horaire (l/s).
- Q_{sp} : le débit spécifique (l/s/m).
- $\sum L_i$: la somme des longueurs des tronçons (m).

❖ **DEBIT EN ROUTE :**

Le débit en route se définit comme étant le débit réparti uniformément le long d'un tronçon de réseau le débit en route est donné par la formule suivante :

$$Q_{ri} = Q_{sp} \times L_i \quad 11$$

Avec :

- Q_{ri} : débit en route dans le tronçon i (l/s).
- Q_{sp} : débit spécifique (l/s/m).
- L_i : longueur du tronçon (m).

❖ **DEBITS NODAUX :**

C'est le débit concentré en chaque point de jonction des conduites du réseau, il est déterminé comme suit :

$$Q_{ni} = 0.55 \sum Q_{ri,k} + \sum Q_{Ci} \quad 12$$

Où :

- Q_{ni} : débit au nœud i (l/s).
- ΣQ_{ri-k} : la somme des débits en route des tronçons reliés au nœud i (l/s).
- ΣQ_{ci} : la somme des débits concentrés au nœud i (l/s).

Pour le cas de pointe, $Q_{ci} = 0$.

1.4.3.3. CALCUL D'UN RESEAU MAILLE PAR HARDY-CROSS

Dans un réseau maillé, le sens de circulation de l'eau dans une canalisation ne peut être déterminé avec exactitude du premier coup. La répartition des débits dans les canalisations ne peut être évaluée que d'après des hypothèses, en tenant compte du fait que, pour assurer une circulation normale, il doit y avoir égalité des pressions au point de rencontre de deux courants. Le calcul d'un réseau maillé est assuré par l'utilisation de la méthode de Hardy-cross basée sur des approximations successives et qui repose sur deux lois, la loi des mailles et la loi des nœuds [4].

❖ LOI DES NŒUDS :

Pour chaque nœud, la somme des débits qui y entrent est égale à la somme des débits qui en sortent.

❖ LOI DES MAILLES OU LOI DE LA CONSERVATION DE LA CHARGE :

Le long d'un parcours fermé et orienté, la somme algébrique des pertes de charge est nulle. Pour chaque maille, on se fixera une répartition arbitraire des débits ainsi qu'un sens d'écoulement, tout en respectant la première loi.

Le problème revient à résoudre le système d'équations suivant :

- ❖ Pour chaque nœud : $Q_{\text{sortant}} - Q_{\text{entrant}} = 0$
- ❖ Le long d'un contour fermé et orienté : $\sum \Delta H_t, i = 0$

ΔH_t étant la perte de charge totale le long d'un tronçon i (m).

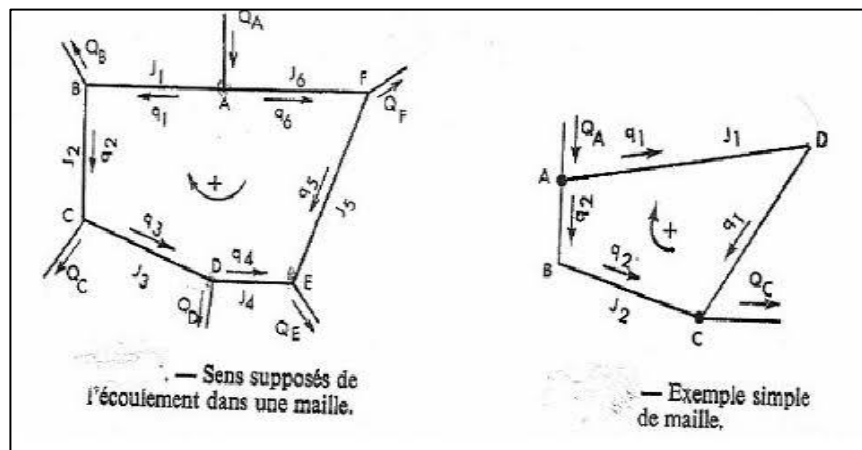


Figure 1.5 : Loi des mailles.

Considérons une maille quelconque d'un réseau maillé constitué de p tronçons. Dans chaque tronçon de la maille, on se donne a priori les débits $Q_1, Q_2 \dots Q_n$, de façon à respecter le principe d'équilibre des débits.

Soit ΔH_t la perte de charge totale dans un tronçon quelconque de la maille. Elle est reliée au débit Q qui y passe par la formule :

$$\Delta H_t = r Q_i^2 \quad 13$$

Le principe d'équilibre des pertes de charge se traduit par :

$$\sum \Delta H_t = \sum r Q_i^2 = 0 \quad 14$$

Le symbole \sum représente la somme algébrique de toutes les pertes de charge dans une maille formée par des tronçons véhiculant chacun le débit Q_i .

Le débit supposé Q' diffère du débit réel à l'équilibre Q d'une quantité Δq , qui représente la correction à apporter au débit arbitraire Q' pour satisfaire au principe d'équilibre des pertes de charge ; d'où l'équation :

$$Q = Q' + \Delta q \quad 15$$

L'application de la formule donne :

$$\sum \Delta H_t = \sum r Q_i^2 = \sum (Q' + \Delta q)^2 = 0 \quad 16$$

Δq est supposé petit par rapport à Q' , donc on peut dans le développement de la formule (06), négliger les infiniment petits et on a :

$$\Delta q = \frac{\sum \Delta H}{2 \sum \frac{\Delta H}{Q}} \quad 17$$

La correction Δq ainsi calculée est ajoutée algébriquement à chacun des débits initialement choisis Q' , de façon à obtenir une meilleure répartition des débits dans la maille considérée. Compte tenu du principe de l'équilibre des débits en chaque nœud, on calcule les nouveaux débits approchés Q' dans les tronçons d'une des mailles contiguës à la précédente et sur laquelle on effectue le même calcul.

On procède ainsi successivement sur les différentes mailles du réseau de manière à serrer de plus en plus près l'équilibre des pertes de charge dans chacune des mailles, tout en vérifiant après chaque calcul, si le principe de l'équilibre des débits est établi en chaque nœud.

La méthode de Hardy-Cross, méthode itérative, peut donc être facilement informatisée. Parmi les programmes utilisés actuellement (Epanet, Water CAD) et sont basés sur cette méthode, dans ces programmes la connaissance du coefficient de William-Hazen est indispensable.

1.4.3.4. LES PERTES DE CHARGE

❖ PERTES DE CHARGE LINEAIRE :

Les pertes de charge linéaire sont dues d'une part, au frottement des filets d'eau en mouvements les uns sur les autres, et d'autre part, à leurs contact avec les parois internes tout au long de la conduite.

Pour les évaluer, on a utilisé depuis un temps une multitude de formules plus ou moins complexes. La plupart d'entre elles ont été abandonnées peu à peu à cause de la difficulté de leur application. En revanche, d'autres auteurs ont essayé de les transformer en tables pour faciliter leur utilisation, mais les plus connues restent les suivantes :

- FORMULE DE WILLIAMS ET HAZEN :

C'est la plus utilisée aux Etats-Unis, et elle n'est applicable que pour les écoulements d'eau. Son expression est la suivante [4] :

$$HL = \frac{10,674 \cdot L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot d^{4,871}} \quad 18$$

- FORMULE DE DARCY – WEIBACH :

La formule de Darcy-Weisbach est théoriquement la plus correcte et la plus largement utilisée en Europe (Générale des eaux, 2009). Elle s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous les liquides.

$$J = \frac{16 \cdot \lambda \cdot Q^2}{2 \cdot G \cdot \pi^2 D^3} = \frac{\lambda \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad 19$$

Avec :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{K}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad 20$$

Avec Re est le nombre de Reynolds, il est égal à :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu} \quad 21$$

Après avoir calculé le gradient de pertes de charge il suffit de le multiplier par la longueur de la conduite :

$$\Delta H = J \cdot L \quad 22$$

- FORMULE DE CHEZY-MANNING :

La formule de Chezy-Manning est généralement utilisée pour les écoulements dans les canaux découverts (écoulement à surface libre) et pour les grands diamètres [4].

- CALCUL PAR LES TABLES DE COLEBROOK :

$$HL = \frac{10,294 \cdot n^2 \cdot L \cdot Q^2}{d^{5,33}} \quad 23$$

Tableau 1.2: Table de COLEBROOK

Débit		Diamètre intérieur en mm																		
m3/h	l/s	14.8	16.8	18.6	21	24	28	30	33.6	40	42	53	63.2	67.8	81	101	125	150		
0.5	0.14	7	2.5	2	1.6	0.8	0.25	0.2												
0.7	0.20	15	5.5	4	3	1.6	0.9	0.5	0.2											
1	0.28	28	10	8	5.5	3	1.7	0.95	0.5											
1.5	0.42		18	15	10	6	3	1.8	1	0.3	0.2									
2	0.55		35	25	17	10	5.5	3	1.8	0.6	0.5									
2.5	0.7			35	25	15	8.5	4.5	2.5	1.1	0.8									
3	0.38				35	20	10	6.2	3.7	1.6	1.2	0.3								
4	1.11					33	18	10	6	2.5	2	0.7	0.28	0.20						
5	1.39						26	15	9	3.8	2.5	0.93	0.35	0.30	0.13					
6	1.67						38	20	12	5.5	4	1.3	0.6	0.50	0.18					
8	2.22							34	19	7.8	6	2	0.92	0.70	0.3	0.1				
10	2.78								28	12	9.8	3	1.4	1	0.45	0.16	10	2.78		
12	3.34								37	16	13	4.5	1.9	1.5	0.6	0.21	12	3.34		
15	4.17									25	20	6.5	2.9	2	0.9	0.3	15	4.17		
20	5.55										30	10	4.5	3.5	1.4	0.5	20	5.55		
25	6.95											16	7	5	2	0.75	25	6.95		
30	8.35												23	9	7	3	1	30	8.35	
40	11.1													35	15	12	4.5	1.7	40	11.1
50	13.9														24	17	7	2.5	50	13.9
60	16.7														32	25	9.5	3.5		0.8
70	19.5															30	13	5	2	1.3
80	22.2																16	6	3.2	2.5
100	27.8																	25	9	7
150	41.6																			

❖ PERTES DE CHARGE SINGULIERE

Tous les accessoires montés dans le réseau (coudes, vannes, tés, cône de réduction,...), les déviations et les changements de diamètre sont à l'origine des pertes de charge singulière. Leur influence n'est plus comparée aux pertes de charge linéaire, et par conséquent on les estime à 10% de celles-ci [4] :

$$\Delta H_s = 10\% \cdot \Delta H_l \quad 23$$

1.4.4. MATERIAUX DES CONDUITE

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

Par mis les matériaux utilisés on peut citer [6] :

- ❖ Conduite en fonte.
- ❖ Conduite en acier.
- ❖ Conduite en polyéthylène.
- ❖ Conduite en pvc.

1.4.5. APPAREILLAGES ET ACCESSOIRES

1.4.5.1. JOINT

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 au vieillissement des joints [7].

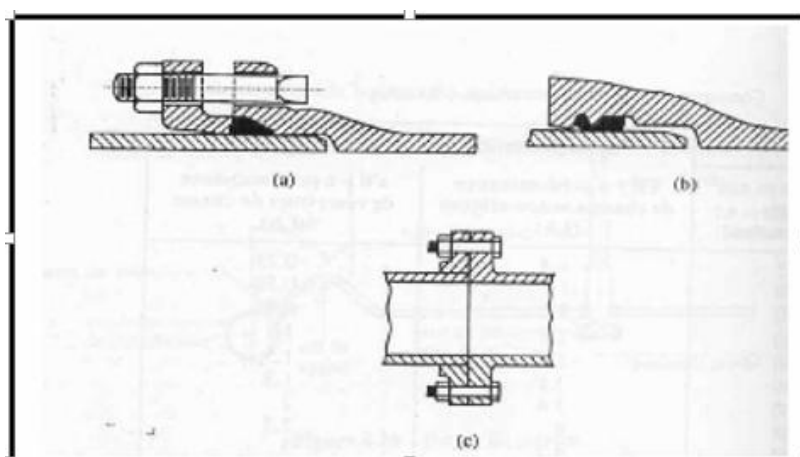


Figure 1.6: les différents types joints [7].

1.4.5.2. 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 de réduction de pression.
- ❖ Les vannes à clapets de non-retour.
- ❖ Les vannes d'isolement.

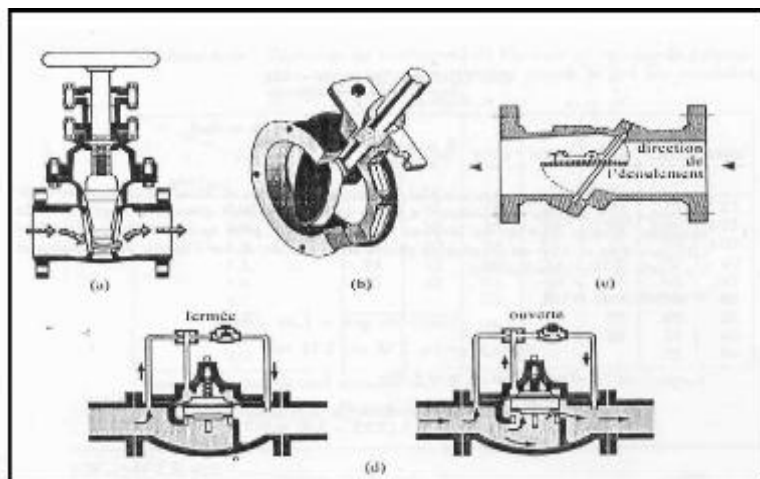


Figure 1.7: les différents types des vannes [7]

1.4.5.3. LES VENTOUSES

On installe des ventouses aux points élevés du réseau. Elles permettent de faire évacuer les quantités d'air qui s'y accumulent à la suite, par exemple, du dégazage de l'oxygène dissous. Trois types de ventouses sont utilisés :

- ❖ Ventouses pour petites quantités d'air,
- ❖ Ventouses pour grandes quantités d'air,
- ❖ Ventouses universelles.

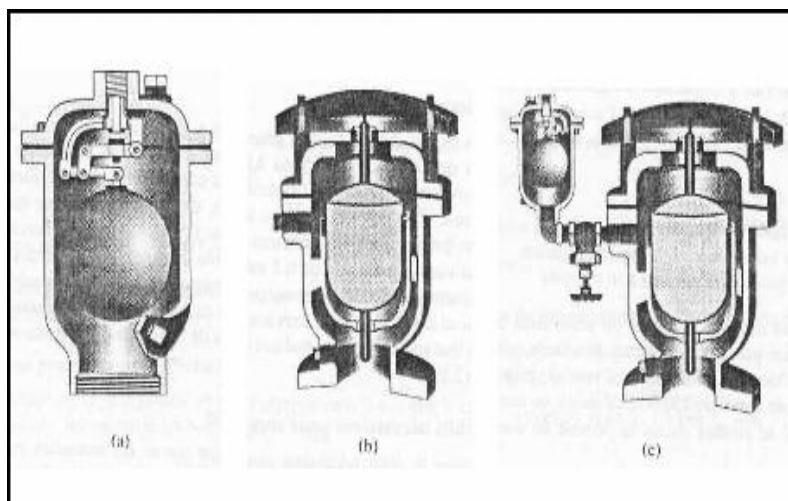


Figure 1.8: les différents types de ventouses [7]

1.4.5.4. LES DECHARGES

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.

1.4.5.5. 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.

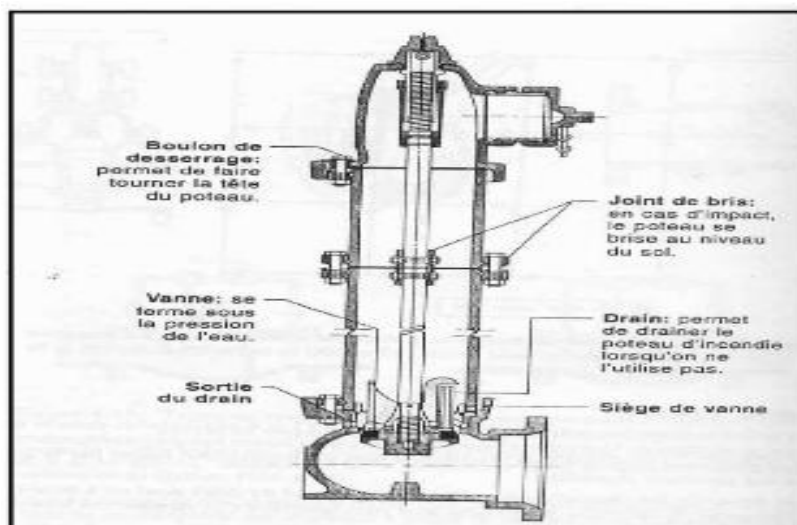


Figure 1.9: poteau d'incendie [7]

1.4.5.6. LES REGULATEURS DE PRESSION

Ce sont des organes de vannage qui introduisent automatiquement une perte de charge variable de manière à ce que la pression soit maintenue à une valeur constante de consigne. Le réglage du clapet se fait directement par l'action de la pression sur un piston ou une membrane venant contrebalancer l'effet d'un ressort ou d'un contrepoids. Leur étanchéité à débit nul nécessite une surpression par rapport à la pression de réglage de 1 à 2 bars. En eau chargée, il faut maintenir ces appareils en état de propreté pour limiter les frottements entre pièces mobiles et éviter le coincement [7].

1.4.5.7. PIECES SPECIALES

- ❖ Les Tés : on envisage des tés à deux ou trois emboitements permettant le raccordement des conduites présentant des diamètres différents. Il est nécessaire de prévoir un cône de réduction pour les placer.
- ❖ Les coudes : utilisés en cas de changement de direction.
- ❖ Les cônes de réduction : ce sont des organes de raccord en cas de différents diamètres.
- ❖ Les bouts d'extrémités : pour la mise en place d'appareils hydraulique.

1.5. LES PROBLEMES DES RESEAUX D'AEP

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 [7].

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.

1.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons essayé de décrire de manière générale les réseaux de distribution d'eau, avec présentation des composants et équipements qui ont un lien avec un circuit hydraulique d'alimentation en eau potable. Ainsi que tous les problèmes qui peuvent survenir dans un tel réseau.

CHAPITRE 02

GESTION DES RESEAUX ET SYSTEMES D'AUTOMATISATION

2.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons définir les différents modes de gestion en matière d'alimentation en eau, en donnant la méthode générale de gestion utilisée en Algérie. Par la suite en se focalisant sur l'automatisation, en faisant une description sur les automates programmables. Puis, nous allons finir ce chapitre par une définition des systèmes de contrôle « DCS », largement utilisé dans la gestion par asservissement. [8]

En effet, de nos jours, les ingénieurs automaticiens n'ignorent plus rien des automates programmables, ce point d'intersection à partir duquel ces systèmes de commande relativement récents sont d'un prix comparable ou même inférieur à celui des commandes traditionnelles logique câblé recule cependant constamment.

Les automates programmables industriels (API), sont apparus aux Etats-Unis vers 1969, ou ils répondaient aux désirs des industries de l'automobile de développer des chaînes de fabrication automatisée qui pourraient suivre l'évolution des techniques et des modèles fabrications.

2.2. GESTION DE L'EAU EN ALGERIE

En Algérie, la distribution de l'eau est de la compétence de l'Algérienne des Eaux (ADE) à l'exception d'Alger et d'Oran, et des communes. Ces organismes sont donc administrativement responsables de l'alimentation en eau potable.

Toutefois, de nombreux organismes se sont regroupés en structures intercommunales de production et/ou de distribution d'eau potable (ADE, SEAL, SEOR, communes...) pour assurer la maîtrise d'ouvrage des installations d'alimentation en eau potable. Le regroupement vers des structures intercommunales plus importantes est une tendance observée depuis plusieurs années pour assurer une meilleure qualité et une meilleure sécurité dans la gestion de la distribution de l'eau.

Chaque structure peut choisir son mode de gestion des installations et des réseaux d'eau potable : la régie directe ou la gestion déléguée à des prestataires de service privés sous la forme de concession ou d'affermage.

2.2.1. REGIE DIRECTE

L'administration gère directement le service dans un cadre de réglementation publique. Le service d'eau est placé sous l'autorité de l'organisme mais doit avoir un budget annexe.

2.2.2. REGIE DELEGUEE

Il existe deux types de délégation, l'affermage et la concession :

2.2.2.1. AFFERMAGE

Gestion et entretien par le fermier des équipements mis à disposition par l'organisme pour une exploitation à ses risques et périls. Le fermier assure tout ou partie du renouvellement des installations qui restent la propriété de l'administration. La rémunération du fermier est perçue directement auprès des usagers.

2.2.2.2. CONCESSION

Concessionnaire réalise et finance des ouvrages neufs et les extensions de réseau. Il assure l'entretien et le renouvellement des ouvrages correspondants et les remet à l'organisme en fin de contrat. Il gère le service à ses risques et périls. Sa rémunération est perçue directement auprès des usagers.

2.3. LES AUTOMATES PROGRAMMABLES (API)

2.3.1. DEFINITION DE L'AUTOMATISME

L'automatisation consiste à « rendre automatique » les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine.

Une autre définition :

« L'automatisation est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, également dans ce travail intellectuel de surveillance et de contrôle ».

Un automatisme est un sous-ensemble d'une machine, destiné à remplacer l'action de l'être humain dans des tâches en général simples et répétitives, réclamant précision et rigueur. On est passé d'un système dit manuel, à un système automatisé.

Dans l'industrie, les automatismes sont devenus indispensables : ils permettent d'effectuer quotidiennement les tâches les plus ingrates, répétitives et dangereuses. Parfois, ces automatismes sont d'une telle rapidité et d'une telle précision, qu'ils réalisent des actions impossibles pour un être humain. L'automate est donc synonyme de productivité et de sécurité.

Le savoir-faire de l'opérateur est transposé dans le système automatisé. Il devient le processus.

Un processus peut être considéré comme un système organisé d'activités qui utilise des ressources (personnel, équipement, matériels et machine, matière première et information) pour transformer des éléments entrants en élément de sortie dont le résultat final attendu est un produit [9].

2.3.2. OBJECTIF DE L'AUTOMATISME

La compétitivité de l'entreprise et des produits Cette compétitivité passe par la qualité. La maîtrise des coûts et l'innovation. Cela induit une disponibilité à tous les niveaux. On cherche donc à améliorer la productivité. L'amélioration des conditions de travail, et surtout la sécurité fait partie des objectifs de l'automatisation.

Les objectifs de l'automatisation sont donc :

- ❖ Eliminer les tâches répétitives.
- ❖ Simplifier le travail de l'humain.
- ❖ Augmenter la sécurité (responsabilité).
- ❖ Accroître la productivité.

C'est également :

- ❖ Economiser les matières premières et l'énergie.
- ❖ S'adapter à des contextes particuliers : flexibilité.

❖ Améliorer la qualité.

Donc un automate programmable industriel API est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion), et dans l'agriculture. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombres d'activités économiques actuelles. Aussi un automate permet de contrôler, coordonner et d'agir l'actionneur par exemple un ROBOT [10].

2.3.3. DEFINITION API

Un automate programmable industriel (API) est une machine électronique spécialisée dans la conduite et la surveillance en temps réel de processus industriels et tertiaires. Il exécute une suite d'instructions introduites dans ses mémoires sous forme de programmes, et s'apparente par conséquent aux machines de traitement de l'information.

Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises et le tertiaire :

- ❖ Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.
- ❖ Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (Température, vibrations, microcoupures de la tension d'alimentation, parasites, etc...).

Enfin, sa programmation à partir de langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.

2.3.4. LES AVANTAGES DES AUTOMATES PROGRAMMABLES

Les avantages des automates programmables sont multiples, en l'occurrence :

- ❖ Améliorer les conditions de travail en éliminant les travaux répétitifs.
- ❖ Améliorer la productivité en augmentant la production.
- ❖ Améliorant la qualité des produits ou en réduisant les coûts de production.
- ❖ Automates programmables sont programmés facilement et ont un langage de programmation facile à comprendre (logique programmé) alors la Modification du programme facile par rapport à la logique câblée.
- ❖ Puissance et rapidité.
- ❖ Facilité de maintenance (l'API par lui-même est relativement fiable et peut aider l'homme dans sa recherche de défauts).
- ❖ Possibilités de communication avec l'extérieur (ordinateur, autre API).
- ❖ Énorme possibilité d'exploitation et plus économique. [14].

2.4. STRUCTURE DE SYSTEME AUTOMATISE

Un système automatisé est toujours composé d'une partie commande (PC), et d'une partie opérative (PO), pour faire fonctionner ce système, l'opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) va donner des consignes à la partie (PC), celle-ci va traduire ces consignes en ordres qui vont être exécuté par la (PO).

Une fois les ordres accomplis, la PO va le signaler à la PC (compte -rendu) qui va à son tour le signaler à l'opérateur, ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé.

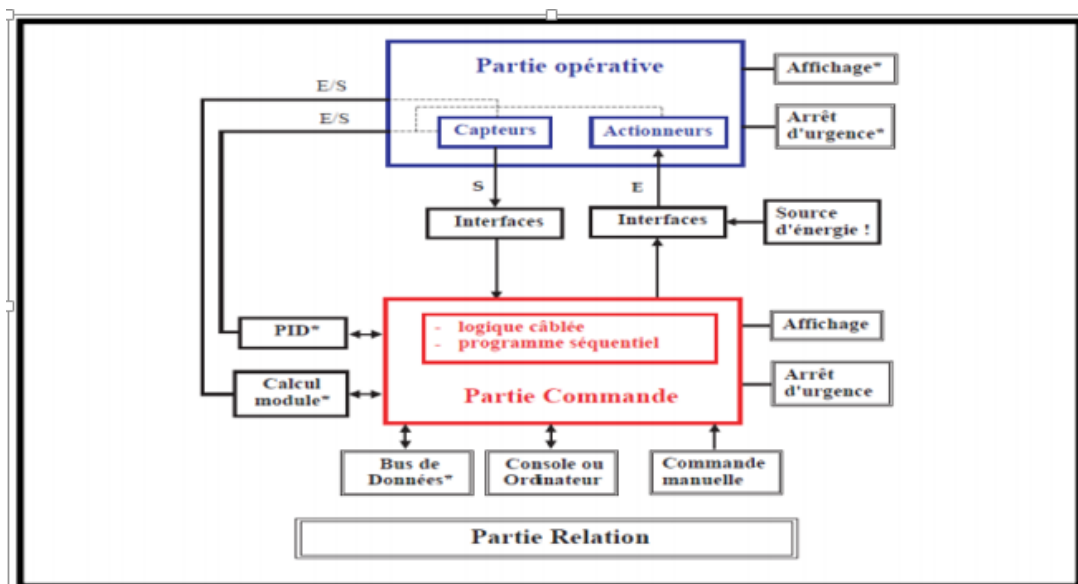


Figure 2.1 : Structure de système automatisé [11]

2.4.1. PARTIE OPERATIVE (PO)

Appelées parfois partie puissance, la partie opérative d'un automatisme assure la transformation de la matière d'œuvre.

- ❖ Elle exécute les ordres qu'elle reçoit de la partie commande grâce aux « Actionneurs ».
- ❖ Elle possède des « Capteurs » qui permettent de recueillir des informations.
- ❖ Elle reçoit des messages et envoie des consignes vers la partie commandant.

2.4.1.1. LES PRES-ACTIONNEURS

Reçoivent les signaux de commande et réalisent la commutation de puissance avec les actionneurs. Les près actionneurs des moteurs électriques sont appelés contacteurs. Les près actionneurs des vérins et des moteurs hydraulique et pneumatique sont appelés distributeurs (commande électrique ou pneumatique).

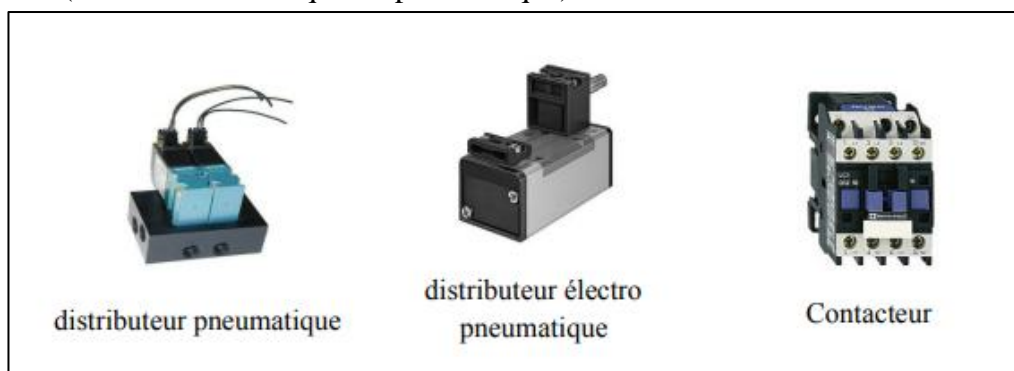


Figure 2.2 : les près-actionneurs

2.4.1.2. LES ACTIONNEURS

Convertissent l'énergie d'entrée disponible sous une certaine forme (électrique, pneumatique, hydraulique) en une énergie utilisable sous une autre forme, par exemple :

- ❖ Energie thermique destinée à chauffer un four (l'actionneur étant alors une résistance électrique).
- ❖ Energie mécanique destinée à provoquer une translation de chariot (l'actionneur pouvant être un vérin hydraulique ou pneumatique).
- ❖ Energie mécanique destinée à provoquer une rotation de broche (l'actionneur pouvant être un moteur électrique).



Figure 2.3 : Les Actionneurs

2.4.1.3. LES CAPTEURS

Qui communiquent à la partie commande des informations sur la position d'un mobile, une vitesse, la présence d'une pièce, une pression ... etc.

- ❖ Les capteurs T.O.R (tout ou rien), qui délivrent un signal de sortie logique, c'est-à-dire 0 ou 1. Exemple « détecteur de fin de course ».
- ❖ Les capteurs numériques, ou « incrémentaux », qui associés à un compteur délivrent des signaux de sortie numérique. Exemple « capteur ou codeur incrémental utilisé pour la mesure des déplacements des chariots de machine à commande numérique ».
- ❖ Les capteurs analogiques : ou en compte la valeur réelle d'une grandeur physique. Exemple « sonde de température ».



Figure 2.4 : Les Capteurs

2.4.2. LA PARTIE COMMANDE (PC)

Ce secteur de l'automatisme gère selon une suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des informations en provenance des capteurs de la Partie Opérative, et les restitue vers cette même Partie en direction des pré-actionneurs et actionneurs. Elle comporte en générale un boîtier (appelé aussi bâti) contenant :

- ❖ Des actionneurs (transformant l'énergie reçue en énergie utile : moteur, vérin, lampe).
- ❖ Des capteurs (transforment la variation des grandeurs physiques en signaux électriques : capteur de position, de température, bouton poussoir) [12].

2.5. LES SYSTEMES DES CONTROLES

2.5.1. GENERALITE SUR LES SYSTEMES DES CONTROLES

Le progrès technologique dans le monde de l'électronique et de l'informatique a permis une évolution considérable dans le domaine du contrôle des procédés industriels. Cette évolution est traduite par un changement dans les techniques de contrôle : passage des systèmes pneumatiques aux systèmes électroniques analogiques puis numériques, du contrôle centralisé au contrôle distribué qui est le DCS et des systèmes à relais, puis aux systèmes à base d'automates programmables.

2.5.2. LES TYPES DES SYSTEMES DE CONTROLE

2.5.2.1. CONTROLE MANUELLE

C'est l'opérateur (humain) qui ferme la boucle de contrôle en observant le capteur et manœuvrant l'organe de commande :

Procédé → capteur → opérateur → organe de commande

Le concept de base dans le contrôle de procédé "boucle fermée" est respecté.

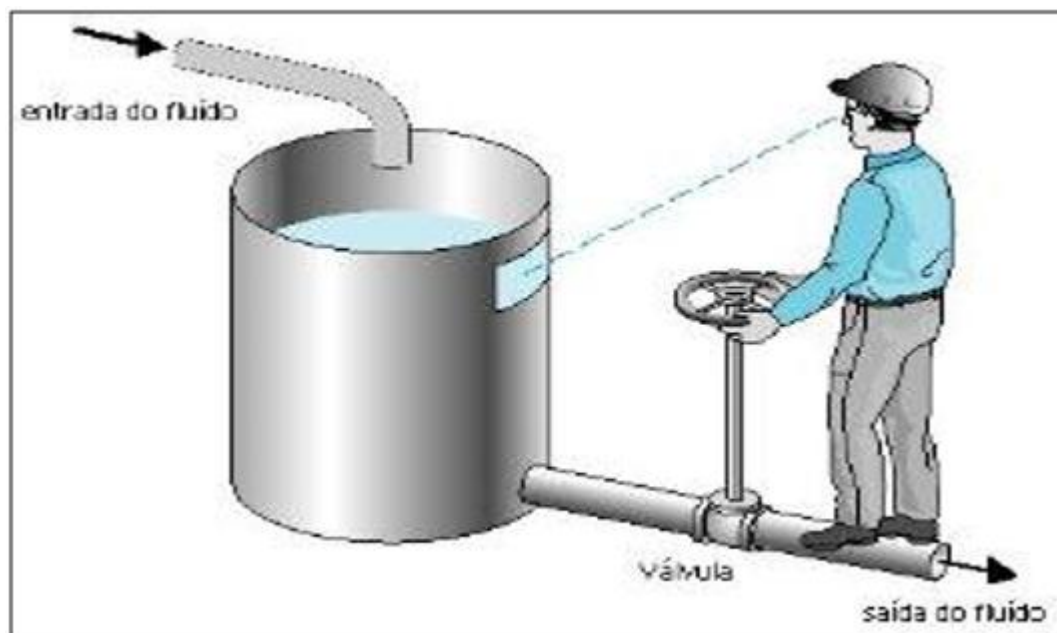


Figure 2.5 : Exemple d'un système de contrôle manuel

2.5.2.2. CONTROLE DISTRIBUE DCS

Un système de contrôle distribué est une combinaison du concept d'une boucle simple de contrôle local et réseaux informatique. Les systèmes de contrôle distribué ont énormément amélioré la gestion des procédés industriels avec plus de souplesse et de sécurité.

Les systèmes de contrôle DCS permettent une conduite et surveillance centralisées et un contrôle réparti d'où le nom DCS (Control System Distribué).

Le DCS est utilisé dans les procédés industriels pour assurer la conduite, la surveillance et le contrôle des équipements distribués avec ou sans intervention à distance d'un opérateur humain.

En générale, les procédés industriels sont constitués d'un ensemble d'équipements d'installation de production repartis sur site, cette contrainte a fait que l'architecture de ce système soit distribuée. D'où l'appellation : système de contrôle distribué DCS (distributeur control system) [15].

❖ LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE SYSTEME DCS :

Ces systèmes ont pour objectifs :

- ❖ Augmentation de la fiabilité et la disponibilité de production avec des coûts optimaux d'investissement et de l'exploitation.
- ❖ Assurer la sécurité des personnels.
- ❖ Mettre à la disposition de l'opération précise de contrôle et de pilotage de l'installation.
- ❖ Assurer des fonctions de pilotage, surveillance et de supervision [16].



Figure 2.6 : système de contrôle distribué DCS [15].

❖ LES AVANTAGES DE DCS :

Alors qu'ils ont les avantages suivants :

- ❖ La notion de distribution : les fonctions de base de conduite du procédé sont distribuées sur plusieurs dispositifs, assurant en cas de problème la continuité de la conduite avec la plupart des fonctions.
- ❖ La notion d'ouverture : le DCS est un système ouvert qui a l'avantage de communiquer avec des autres systèmes indépendants.
- ❖ La notion de simplicité : la fonction de communication homme/machine est faite tout simplement par l'utilisation des moyens habituels, PC et imprimantes. L'opérateur peut conduire le procédé à partir des représentations graphiques interactives, l'ingénieur peut

faire des travaux de maintenance et de développement du système en utilisant des logiciels informatiques.

- ❖ La notion d'analyse et d'optimisation : avec le développement de la commande avancée et grâce aux outils mathématiques du DCS, il est possible d'utiliser des fonctions d'analyse et d'optimisation pour la meilleure conduite des procédés.
- ❖ La notion de disponibilité des informations : grâce aux réseaux de communication et capacité mémoire du DCS, toute sorte d'information peut être disponible en temps réel. Remarquant aussi la disponibilité d'historique des données à tout moment.
- ❖ La notion de surveillance continue : on passe de la surveillance périodique des équipements stratégiques à la surveillance continue, savoir l'état de santé des machines par une visualisation de l'évolution des paramètres. La lecture des données se fait directement sans recours à des appareils extérieurs de mesure [16].

2.6. CONCLUSION

D'après cette étude théorique dans ce chapitre, l'automate programmable dans les services de la gestion et les industries permet d'améliorer la distribution et le contrôle. Il permet aussi d'augmenter la productivité, la qualité et la sûreté des fonctionnements.

CHAPITRE 03

ETUDE TECHNIQUE DU RESEAU D'AEP DU NOUVEAU QUARTIER DE SIDI DJILLALI

3.1. INTRODUCTION

L'étude de l'existant est une démarche très importante qui matérialise l'acquisition et le traitement des données. Pour cela il faut avoir une vue claire et nette, des objectifs et des besoins pour notre analyse.

Dans le présent chapitre, nous allons présenter la commune de Sidi Djillali, en indiquant sa situation géographique, sa topographie, son climat et la situation géologique. Puis, nous allons déterminer les besoins en eaux potables.

Dans ce chapitre, on va faire des notes de calcul pour vérifier le bon fonctionnement du réseau (assurer la pression et la vitesse).

3.2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

3.2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET TOPOGRAPHIQUE

Le territoire de la commune de Sidi Djillali est situé au sud-ouest de la wilaya de Tlemcen. Son chef-lieu est situé à environ 53 km à vol d'oiseau au sud-ouest de Tlemcen.

Le chef-lieu est sis au creux des montagnes environnantes, parmi lesquels la montagne Dourdaz et le mont Tenouchfi, le point culminant des monts de Tlemcen (1843 m). Vers le sud, une ouverture dans le relief se prolonge vers la zone steppique des hauts-plateaux. Le strict territoire de la commune, couvre une superficie de 733.4 ha (7.3 km²), Elle est délimitée :

- ❖ Au Nord par Beni Snous.
- ❖ Au Sud par la commune de Kasdir (Naama).
- ❖ A l'Est par la commune d'Aricha et Sebdou.
- ❖ A l'Ouest par la commune de Bouihi.

Sur le plan topographique, les altitudes varient de 1194.933 m à 1285.311 m sur une superficie de 733.4 Ha [17].

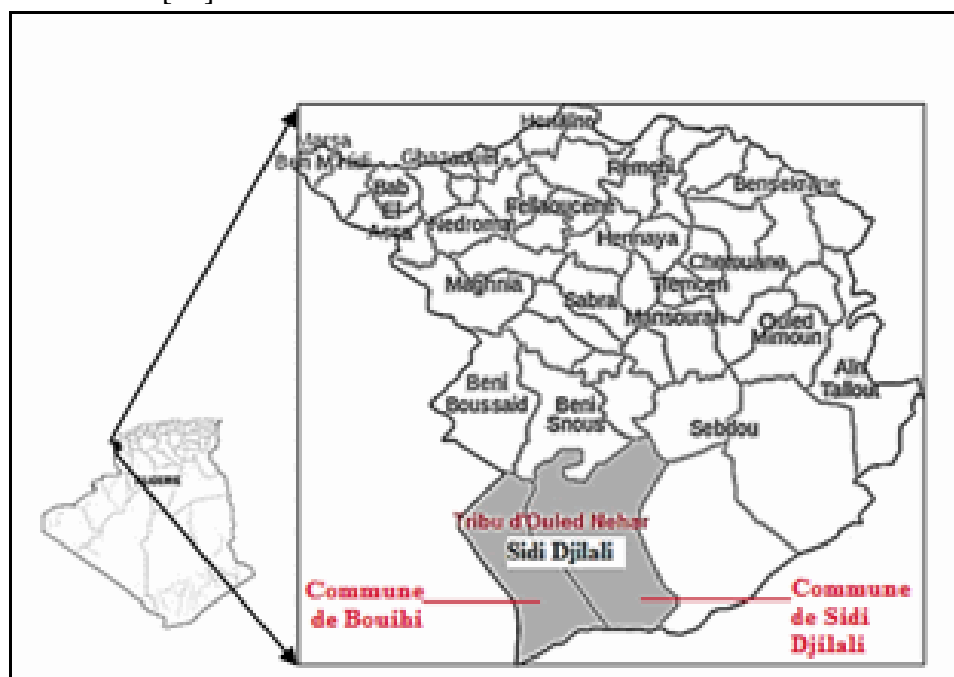


Figure 3.1 : Localisation de la commune Sidi Djillali à la wilaya de Tlemcen [18]



Figure 3.2 : Situation topographique de la zone d'étude

3.2.2. SITUATION CLIMATOLOGIQUE

La région d'étude est caractérisée par un climat chaud et tempéré, dont les précipitations sont plus importantes en hiver qu'en été. La classification de Koppen-Geiger est de type Csa. Pour les précipitations, la moyenne annuelle des pluies est de l'ordre de 313.61 mm. Alors que la température minimum atteint 1.15 °C et des maxima de 35.85°C, Le mois de Juillet est le mois le plus chaud tandis que le mois de Janvier est le mois le plus froid de l'année. Les vents qui soufflent sur la zone d'étude ont, selon leur direction, diverses origines [19] :

- ❖ Vents du Nord En hiver, ces vents secs et froids pénètrent la zone d'étude par les monts de Tlemcen ; ils favorisent les chutes de neige à plus de 1 400 mètres d'altitude à Sidi Djilali.
- ❖ Vents d'Ouest Ce sont les vents dominants. Ils soufflent du sud-ouest au nord-ouest. Une grande partie des précipitations provient de l'ascendance forcée de ces masses d'air sur les monts de Tlemcen, ce qui permet à la zone de Sidi Djilali d'être relativement arrosée.
- ❖ Vents du Sud Secs et chauds, les vents du Sud qui soufflent surtout au printemps et en automne, quelquefois en été, ramènent avec eux une quantité appréciable de sable et de limon.

3.2.3. SITUATION HYDROLOGIQUE

La commune de sidi Djillali située dans le bassin versant du Chott Ech-Chergui appartient au sous bassin N° 1 et 2. Selon la structuration des unités hydrologiques de l'Algérie ANRH. (Fig 3.3)

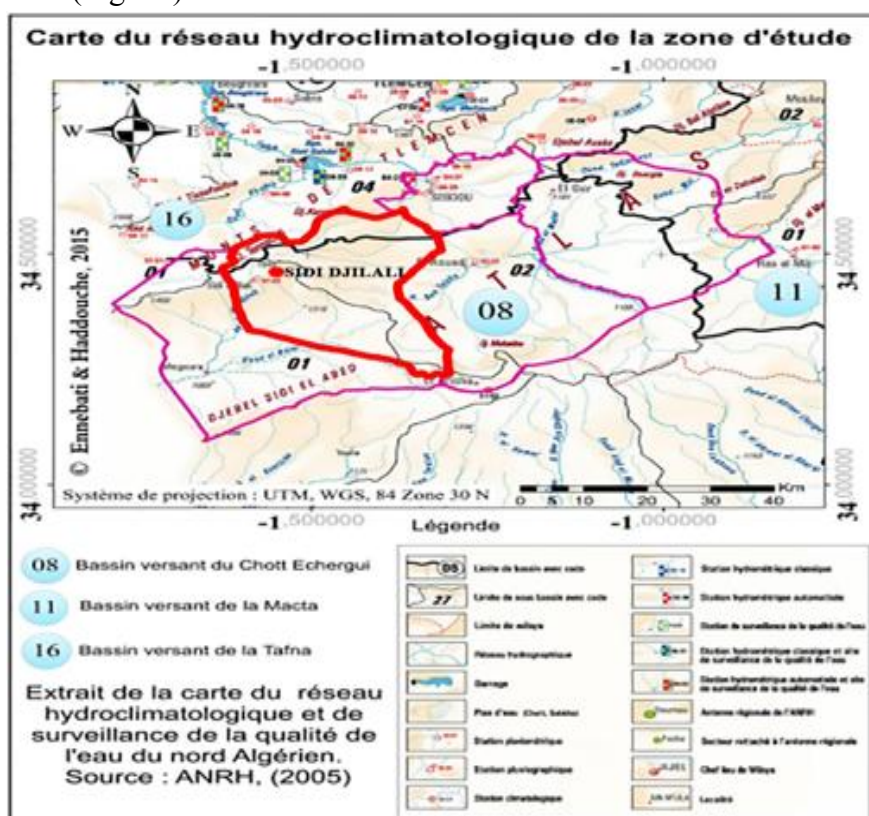


Figure 3.3 : Carte de réseau hydro-climatologique de la zone d'étude.

3.2.4. SITUATION GEOLOGIQUE

La géologie est à l’origine de la nature lithologique qui constitue l’un des facteurs de formation du sol et des formes du relief. Elle occupe aussi une place avantagée dans le cadre de cette étude puisque à elle peut nous éclaircir la qualité (Physique et chimique) et le type de dispersion des points d’eau de la zone d’étude. Selon la carte géologique extraite du Plan d’Aménagement du Territoire de la wilaya de TLEMCEM, les principales séries lithologiques reconnues dans zone d’étude sont [19] :

- ❖ L’ère tertiaire (miocène inférieur ...etc.).
- ❖ L’ère secondaire (jurassique moyen et inférieur)

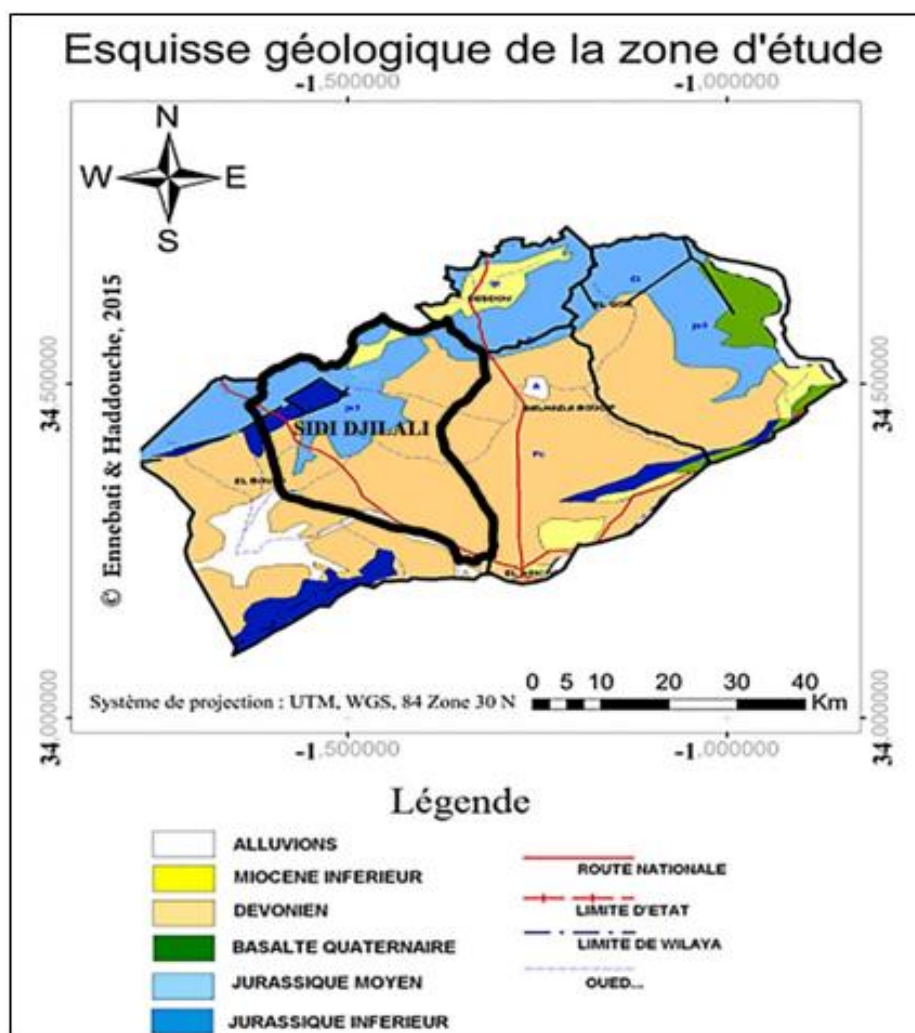


Figure 3.4 : Esquisse géologique de la zone d’étude.

Pour les points d’eau dans la commune Sidi Djillali il y a un total de 47 points d’eau, dont 24 Forages, 15 Puits et huit (08) Sources ont été recensés.

Elles sont gérées par différents établissements qui sont : HCDS, ADE, APC, DSA et La direction des Forêts [19].

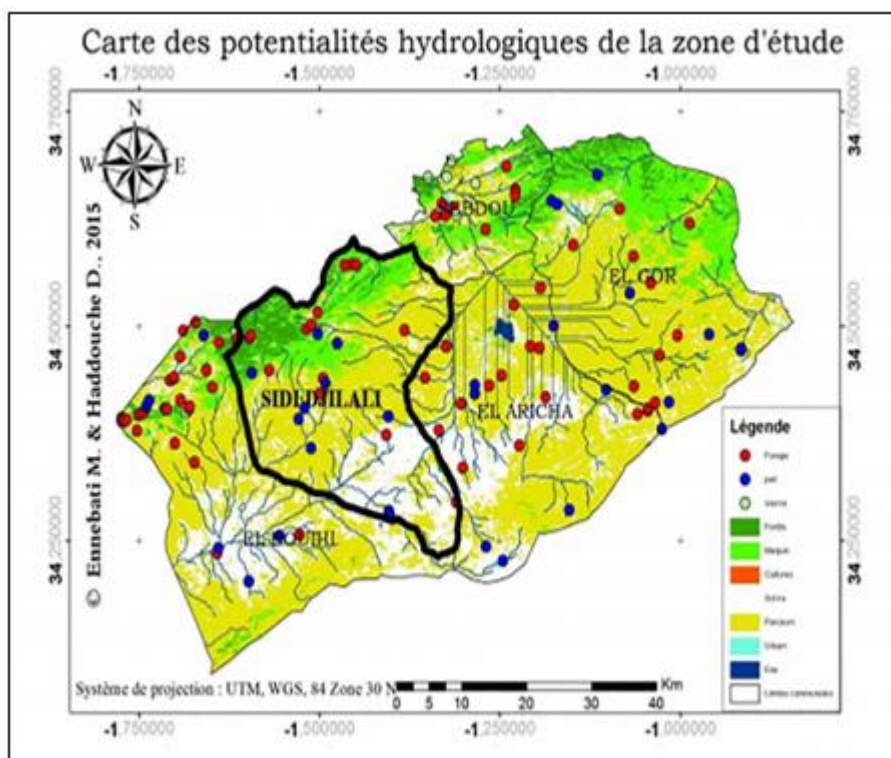


Figure 3.5 : Carte des potentialités hydrologique de la zone d'étude [19]

3.3. LE LOTISSEMENT OBJET DE L'ETUDE

Les terrains lotis, situés dans la commune de Sidi Djillali au lieu -dit 19 mai. Le lotissement est composé de «165» lots, numérotés de 1 à 165 sur le plan. Le tableau suivant montre la répartition des surfaces dans le lotissement :

Tableau 3.1 : La répartition des surfaces dans le lotissement.

N° LOT	SUPERFICIE (m ²)	DESTINATION
1-165	18 600.00 m ²	Habitation individuelle
Voie de distribution	13 681.00 m ²	
Superficie équipement	3122.00 m ²	
Superficie espace public	646.00 m ²	
Zone de servitude	00.00 m ²	
Total	36 049.00 m²	



Figure 3.6 : Plan de lotissement d'étude.

3.4. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION

Le distributeur d’eau potable a toujours le souci de couvrir les besoins des consommateurs, en quantité et qualité suffisantes. Il a aussi le souci de veiller à la bonne gestion et à la perfection de toutes les infrastructures concourant l’approvisionnement en eau.

L’objectif du calcul d’un réseau de distribution est la détermination des paramètres géométriques et hydrauliques des canalisations formant le réseau de distribution c’est-à-dire le diamètre D (m), le gradient de la perte de charge J , la vitesse de l’écoulement v (m/s) en fonction d’une répartition arbitraire des débits Q (m³/s) puis la vérification de la pression au sol au niveau de chaque nœud. Un très bon calcul avec une bonne réalisation facilitent largement la taches aux gérants des réseaux et font satisfaction des abonnés [5].

3.4.1. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

- ❖ Les besoin en eau sont calculés en se basant sur une dotation de 250 l/j/Hab.
- ❖ Pour l’estimation de la population on prend sept habitants pour chaque logement.
- ❖ Selon RGHP le taux d’accroissement est indiqué comme suit : entre (2.6 - 2.65) % par an pour le long terme.
- ❖ Les besoin dès l’équipement sont estimés à 20 % des besoins domestiques.

Tableau 3.2 : Résultats de calcul pour les besoin en eau

Nombre de logement	165
Population	4022
Dotation (l/j/hab)	250
Besoin domestique (l/s)	8
Besoin des équipements (l/s)	1.6
Débit moyen Q_{moy} (l/s)	9.6
Coefficient de pointe K_p	2.31
Débit pointe (l/s)	22
la somme des longueurs des tronçons (m)	2793.17
Débit spécifique (l/s)	0.008

3.4.2. DIMENSIONNEMENT DU CHATEAU D’EAU

3.4.2.1. EMBLACEMENT DU RESERVOIR

L’emplacement du réservoir tient compte du relief permettant d’obtenir des dépenses minimales des frais d’investissement et l’exploitation. Donc, on est amené à prendre en considération les facteurs suivants [5] :

- ❖ Le point le plus bas à alimenter.
- ❖ La hauteur maximale des immeubles (bâtiment).

- ❖ Les pertes de charge à partir du réservoir jusqu’au point le plus défavorable de l’agglomération en question.

Dans le cadre de ce projet, nous optons pour un réservoir surélevé avec une coupole cylindrique et un radier plat.

3.4.2.2. DIMENSIONNEMENT DE RESERVOIR

Pour le calcul de volume on a :

$$V_{\text{Réservoir}} = V_{\text{con}} + V_{\text{incendie}} + V_{\text{sécurité}}$$

- ❖ V_{con} : 100% de la consommation maximale journalière dans le cas d’une agglomération rurale dans notre cas en a $V_{\text{con}} = 838.95 \text{ m}^3$.
- ❖ V_{incendie} : La réserve minimale à prévoir est 120 m³ pour chaque réservoir.
- ❖ $V_{\text{sécurité}}$: 5% $Q_{\text{moy j}}$, dans notre cas en a $V_{\text{sécurité}} = 41.95 \text{ m}^3$.

Donc le volume de réservoir $V_{\text{Réservoir}} = 1000 \text{ m}^3$

Des études menées concernant les réservoirs ont permis d’établir des relations entre certaines dimensions de la cuve :

On a :

$$D = 1.405 \times (V_{\text{réservoir}})^{1/3}$$

Avec :

- ❖ d : diamètre intérieur de la cuve.
- ❖ V : volume de réservoir.

Comme nous disposons d’un réservoir de 1000 m³, alors on a : $d = 14 \text{ m}$

Pour la paroi, on prend une épaisseur de 150 mm ; $e_p = 150 \text{ mm}$, soit un diamètre extérieur du cylindre D , avec :

$$D = d + 2 \times 0.150$$

$$\text{DIAMETRE} = 14.3 \text{ m}$$

Quant à la hauteur de l’eau dans le réservoir h_0 , est donnée par :

$$h_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \quad h_0 = \frac{4 \cdot 1000}{\pi \cdot 14^2} = 6.49 \text{ m} \quad \mathbf{h_0 = 6.49 \text{ m}}$$

La hauteur libre du niveau de l’eau jusqu’à la couverture est déterminée par la relation suivante :

$$h_1 = 0.1 \times \text{Diamètre} \quad h_1 = 0.1 \times 14 \quad \mathbf{h_1 = 1.4 \text{ m}}$$

Donc, la hauteur totale du cylindre est $H = h_0 + h_1 = 7.9 \text{ m}$

$$\mathbf{H = 7.9 \text{ m}}$$

3.4.3. DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION

3.4.3.1. CALCUL DES DEBITS DE ROUTE

Les résultats des débits de route sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.3 : Résultats de calcul de débit en route

TRONCON	LONGUEUR	Qsp	Qr
R--1	213	0,008	1,653592
01-02	80	0,008	0,621068
02-03	40	0,008	0,311155
03-04	40	0,008	0,311077
04-05	40	0,008	0,310689
05-06	30	0,008	0,235773
07-08	41	0,008	0,315813
08-09	39,82	0,008	0,309136
9--10	39,92	0,008	0,309913
10--11	40,27	0,008	0,31263
11--1	127,1	0,008	0,986721
06-07	98	0,008	0,760808
7--14	81	0,008	0,626657
14--13	59	0,008	0,455475
12--6	79	0,008	0,617031
14--15	58	0,008	0,453457
15--16	39	0,008	0,301373
16--17	41	0,008	0,314493
17--18	40	0,008	0,310534
18--19	116	0,008	0,902877
19--20	40	0,008	0,313173
20--21	40	0,008	0,312552
12--13	39	0,008	0,305255
13--21	40	0,008	0,310301
19--23	117	0,008	0,906759
23--22	41	0,008	0,316744
22--12	238	0,008	1,844571
23--24	39	0,008	0,304245
24--25	24	0,008	0,184923
25--26	99	0,008	0,766863
26--27	104	0,008	0,808941
27--22	80	0,008	0,619437
2--28	60	0,008	0,466655
3--29	59	0,008	0,457183
4--30	58	0,008	0,45206
10--31	48,5	0,008	0,376833
9--32	48,4	0,008	0,375513
8--33	47,76	0,008	0,370777
21--34	49,21	0,008	0,382034
20--35	48,83	0,008	0,379084
16--36	49	0,008	0,379084
17--37	49	0,008	0,379162
23--38	37	0,008	0,286079
24--39	36	0,008	0,281499

3.4.3.2. CALCUL DES DEBITS NODAUX

Les résultats des débits de route sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.4 : Résultat de calcul des débits nodaux

N° nœud	Qc (l/s)	Qn (l/s)
n01	22	22
n02	9.97	10.31
n03	9.19	9.36
n04	8.42	8.6
n05	7.66	7.9
n06	7.42	7.6
n07	6.40	7
n08	7.08	7.3
n09	7.76	8
n10	8.45	8.7
n11	8.76	9.31
n12	6.04	6.21
n13	2.15	2.4
n14	5.77	6.8
n15	5.31	5.7
n16	5.01	5.3
n17	4.32	4.5
n18	3.63	4
n19	2.73	3.25
n20	0.7	0.9
n21	1.38	1.6
n22	1,74	2
n23	1.82	2.5
n24	1.23	1.5
n25	0.76	0.9
n26	0	0.4
n27	0.8	1
n28	0	0.5
n29	0	0.5
n30	0	0.5
n31	0	0.4
n32	0	0.4
n33	0	0,4
n34	0	0,4
n35	0	0,4
n36	0	0,4
n37	0	0,4
n38	0	0,3
n39	0	0,3

3.4.4. ETUDE DU RESEAU DU SITE

3.4.4.1. PRESENTATION

Le dimensionnement est effectué par le logiciel EPANET ; qui est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l’eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET calcul le débit dans chaque tuyau, la pression 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 divisé en plusieurs Étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l’origine de l’eau.

Dans le cadre de notre étude, le logiciel doit nous permettre d’avoir la meilleure conception réseau qui assure les débits, les diamètres, les pressions et les vitesses les plus convenables possible [21].

3.4.4.2. DONNEES SAISIES

❖ LONGUEUR DES CONDUITES

L’unité de longueur utilisée pour les tuyaux est le mètre. La construction du réseau a été facilitée par le fait qu’il m’a été possible d’importer un fichier comme fond d’écran représentant mon réseau. Ainsi, nous avons pu plus facilement représenter le réseau. Ensuite, il a fallu entrer la longueur de chaque tronçon, récupéré depuis un fichier AutoCAD qui montre le plan de situation de la zone d’étude.

Tableau 3.5 : Les longueurs des tronçons de notre réseau

N° Tronçon	Long (m)	N° Tronçon	Long (m)
R--1	213	12--13	39
01-02	40	13--21	40
02-03	40	19--23	117
03-04	40	23--22	41
04-05	40	22--12	238
05-06	30	23--24	39
07-08	41	24--25	24
08-09	39,82	25--26	99
9--10	39,92	26--27	104
10--11	40,27	27--22	80
11--1	127,1	2--28	60
06-07	98	3--29	59
7--14	81	4--30	58
14--13	59	10--31	48,5
12--6	79	9--32	48,4
14--15	58	8--33	47,76
15--16	39	21--34	49,21
16--17	41	20--35	48,83
17--18	40	16--36	49
18--19	116	17--37	49
19--20	40	23--38	37
20--21	40	24--39	36

❖ **DEMANDE DE BASE DES NŒUDS**

Paramètre propre aux nœuds : il s’agit d’insérer la demande en eau dans chacun d’eux en l/s, en faisant appel au tableau 04.

❖ **DIAMETRES DES CONDUITES**

Le second paramètre à introduire est le diamètre interne des tuyaux en mm. Ce paramètre sera saisi dans un premier temps sans précaution car c’est pendant la simulation qu’on va le changer jusqu’à avoir les vitesses et les pressions nécessaires.

❖ **RUGOSITE DES CONDUITES**

Puisque nous allons calculer les pertes de charge par la formule de Darcy-Weisbach car théoriquement c’est la plus correcte, nous attribuerons un coefficient de rugosité de 0,004 mm à tous les tronçons.

❖ **ALTITUDE DES NŒUDS**

C’est la première caractéristique à saisir pour un nœud, nous avons pu déterminer ces cotes au sol en se basant sur un fichier Covadis sur lequel on a reporté le levé topographique du site de l’étude. Son unité est le mètre. Le tableau suivant donne les altitudes en m des nœuds.

Tableau 3.6 : Les altitudes en (m) des nœuds

N° Nœud	Altitude (m)	N° Nœud	Altitude (m)
Réservoir	1263.00	20	1242.41
1	1245.13	21	1243.08
2	1244.49	22	1244.25
3	1244.15	23	1239.82
4	1245.09	24	1239.85
5	1243.63	25	1234.98
6	1245.47	26	1228.87
7	1241.61	27	1243.37
8	1241.00	28	1243.02
9	1240.54	29	1243.43
10	1240.08	30	1243.8
11	1239.62	31	1243.02
12	1244.63	32	1243.43
13	1243.63	33	1243.8
14	1241.81	34	1241.51
15	1238.85	35	1241.01
16	1238.99	36	1241.51
17	1238.72	37	1241.01
18	1238.37	38	1238.74
19	1241.75	39	1237.28

3.4.4.3. RESULTATS OBTENUS

Pour chaque nœud on aura les données concernant la charge totale est la pression en mètres, tandis que pour les conduites les résultats de la simulation porteront sur la vitesse en m/s et les pertes de charge en m/km.

Pour la simulation, notre réseau est détaillé sur le logiciel Autocad (La longueur, le diamètre et l’altitude des nœuds) puis nous l’avons transféré sur le logiciel EPANET à l’aide de EPACAD, un logiciel gratuit qui nous a permis de convertir les fichier AUTOCAD en fichier EPANET Après avoir introduit toutes les données appropriées aux nœuds et aux tronçons, l’étape suivante est la validation du modèle hydraulique. EPANET affiche des messages spécifiques, soit des messages d’avertissement soit des messages d’erreur, quand le programme est confronté des problèmes lors de l’exécution d’une analyse hydraulique ou d’une analyse de la qualité Les problèmes les plus fréquents sont [21] :

- ❖ Les pompes ne peuvent pas fournir le débit ou la charge hydraulique demande : EPANET affiche un message d’avertissement si la demande au niveau d’une pompe excède les valeurs de sa courbe caractéristique.
- ❖ Le réseau est déconnecté : EPANET considère un réseau comme déconnecté s’il est impossible de fournir de l’eau aux nœuds de demande.
- ❖ Il y a des pressions négatives : EPANET affiche un message d’avertissement s’il trouve des pressions négatives dans des nœuds ou la demande est positive.
- ❖ Système non équilibré : Le système n’atteint pas l’Equilibre si EPANET ne peut pas converger vers une solution hydraulique en un nombre prédéterminé d’itérations.
- ❖ Equations sans solution : EPANET affiche une Erreur 110 si un instant donné du calcul s’il n’y a pas de solution pour les équations d’équilibre et de conservation des flux et de l’énergie du réseau. Cet état peut arriver si une partie du système demande de l’eau sans qu’il y ait une connexion physique avec une source d’eau. Dans ces cas particuliers, vous verrez également un message avertissant qu’une partie du réseau est déconnecte. L’absence de solution peut aussi être la conséquence de valeurs irréalistes pour certaines propriétés du réseau.

Si un message d’erreur s’affiche donc il faut revoir les données d’entrée et s’en assurer, sinon la simulation sera révélée réussie et il ne reste que de changer les diamètres des tuyaux préalablement insérés pour ceux qui sont en dehors de la fourchette des vitesses et pressions.

Une fois la simulation réussie nous avons obtenu les résultats suivants concernant :

❖ Résultats sur les Etats Des Nœuds :

Tableau 3.7 : Etat des nœuds du réseau par simulation hydraulique

N° Nœud	Altitude(m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
R	1263	-	1263	0
1	1245.13	22	1261,47	16,34
2	1244.49	10.31	1261,25	16,86
3	1244.15	9.36	1260,93	16,88
4	1245.09	8.6	1260,67	15,68
5	1243.63	7.9	1260,3	14,34
6	1245.47	7.6	1260,08	14,97
7	1241.61	7	1259,4	18,41
8	1241.00	7.3	1259,57	19,2
9	1240.54	8	1259,86	19,82
10	1240.08	8.7	1260,12	20,44
11	1239.62	9.31	1260,46	21,24
12	1244.63	6.21	1259,86	15,68
13	1243.63	2.4	1259,62	16,44
14	1241.81	6.8	1259,08	18,01
15	1238.85	5.7	1258,94	20,73
16	1238.99	5.3	1258,8	20,36
17	1238.72	4.5	1258,61	20,54
18	1238.37	4	1258,38	20,5
19	1241.75	3.25	1259,02	17,95
20	1242.41	0.9	1259,15	17,37
21	1243.08	1.6	1259,34	16,82
22	1244.25	2	1258,19	14,53
23	1239.82	2.5	1258,01	18,81
24	1239.85	1.5	1257,73	18,51
25	1234.98	0.9	1257,5	23,21
26	1228.87	0.4	1257,43	29,28
27	1243.37	1	1257,46	14,81
28	1243.02	0.5	1261,86	18,02
29	1243.43	0.5	1260,55	17,3
30	1243.8	0.5	1260,3	16,67
31	1243.02	0.4	1259,91	17,33
32	1243.43	0.4	1259,65	16,76
33	1243.8	0,4	1259,36	16,24
34	1241.51	0,4	1259,12	18,22
35	1241.01	0,4	1258,94	18,61
36	1241.51	0,4	1258,58	17,67
37	1241.01	0,4	1258,4	18,08
38	1238.74	0,3	1257,97	19,81
39	1237.28	0,3	1257,7	21

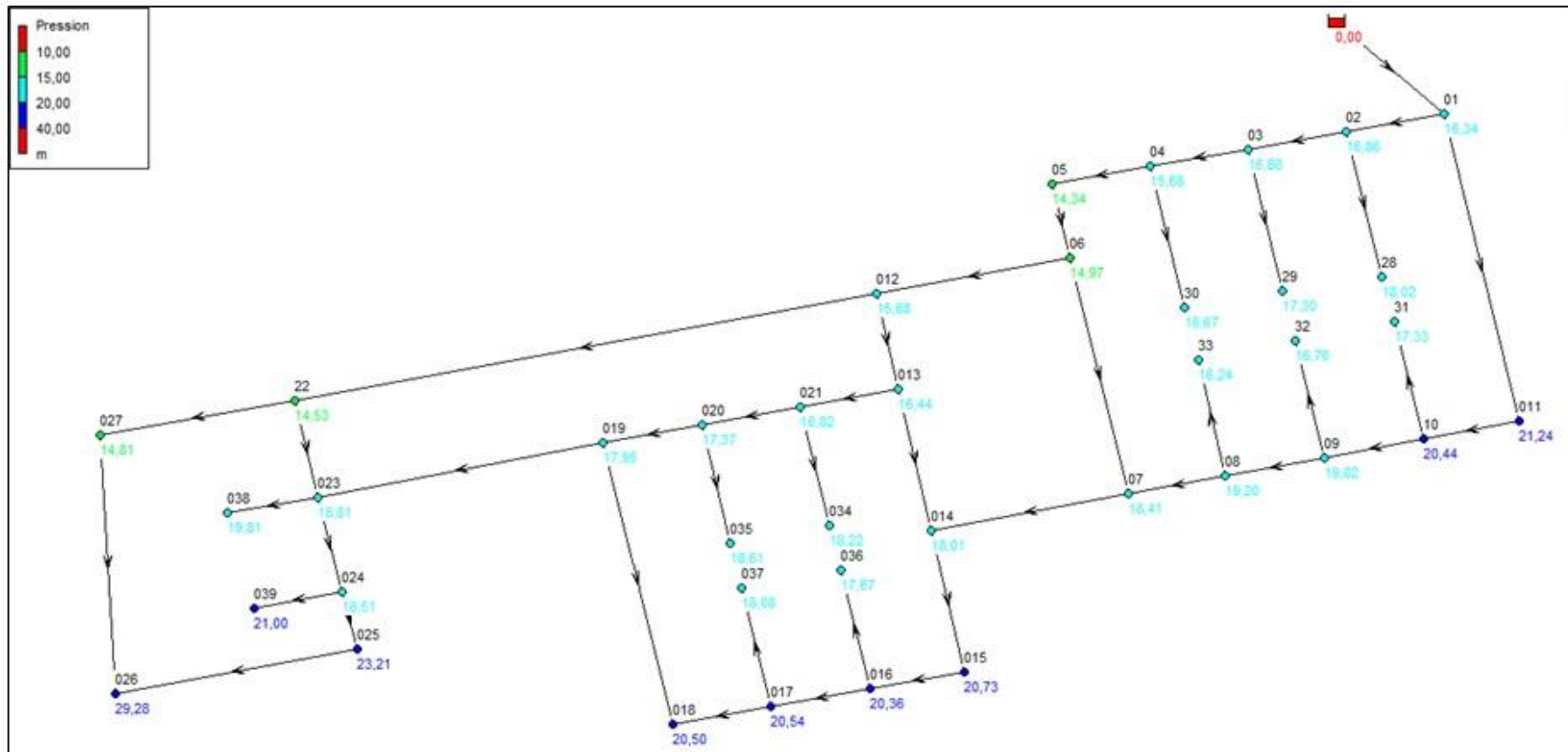


Figure 3.7 : Schéma illustratif du résultat de la simulation hydraulique Pression

❖ Résultats Sur Etats Des Arcs Ou Des Conduites

Tableau 3.3: Etat des ARCS du réseau par simulation hydraulique

Tronçon	Longueur	Dext (mm)	e (mm)	Din (mm)	V	J (m/km)
R--1	213	400	36,3	327,4	1,89	7.17
01-02	40	400	36,3	327,4	1,2	3.09
02-03	40	315	28,6	257,8	1,72	7.98
03-04	40	315	28,6	257,8	1,53	6.45
04-05	40	315	28,6	257,8	1,36	5.17
05-06	30	315	28,6	257,8	1,21	4.17
07-08	41	90	8,2	73,6	0,51	4.37
08-09	39,82	160	14,6	130,8	0,73	3.90
9--10	39,92	200	18,2	163,6	0,87	4.00
10--11	40,27	200	18,2	163,6	1,3	8.47
11--1	127,1	250	22,7	204,6	1,12	4.79
06-07	98	200	18,2	163,6	0,92	4.16
7--14	81	200	18,2	163,6	0,69	2.46
14--13	59	160	14,6	130,8	0,74	4.42
12--6	79	315	28,6	257,8	0,69	1.25
14--15	58	200	18,2	163,6	0,87	4.05
15--16	39	160	14,6	130,8	0,93	6.11
16--17	41	160	14,6	130,8	0,51	2.12
17--18	40	75	6,8	61,4	0,66	9.70
18--19	116	75	6,8	61,4	0,69	7.16
19--20	40	160	14,6	130,8	0,54	2.16
20--21	40	160	14,6	130,8	0,66	2.91
12--13	39	200	18,2	163,6	1,09	6.28
13--21	40	160	14,6	130,8	0,79	4.26
19--23	117	75	6,8	61,4	0,67	9.15
23--22	41	110	10	90	0,6	3.87
22--12	238	125	11,4	102,2	0,84	6.46
23--24	39	90	8,2	73,6	0,7	6.88
24--25	24	63	5,8	51,4	0,57	7.04
25--26	99	63	5,8	51,4	0,14	0.43
26--27	104	63	5,8	51,4	0,05	0.28
27--22	80	63	5,8	51,4	0,54	7.59
2--28	60	50	4,6	40,8	0,38	5.09
3--29	59	50	4,6	40,8	0,38	5.09
4--30	58	50	4,6	40,8	0,38	5.09
10--31	48,5	50	4,6	40,8	0,31	3.45
9--32	48,4	50	4,6	40,8	0,31	3.45
8--33	47,76	50	4,6	40,8	0,31	3.45
21--34	49,21	50	4,6	40,8	0,31	3.45
20--35	48,83	50	4,6	40,8	0,31	3.45
16--36	49	50	4,6	40,8	0,31	3.45
17--37	49	50	4,6	40,8	0,31	3.45
23--38	37	50	4,6	40,8	0,23	2.10
24--39	36	50	4,6	40,8	0,23	2.10

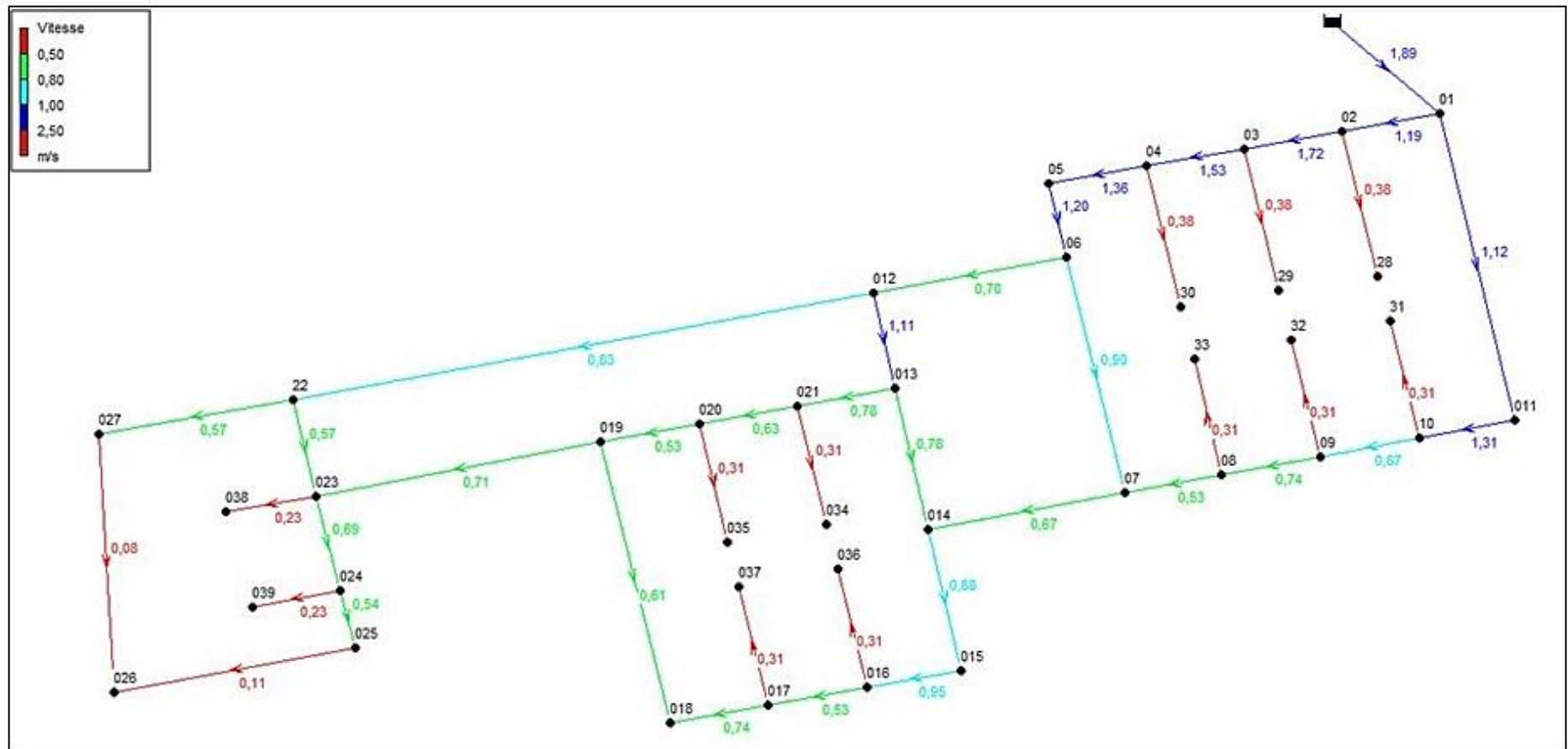


Figure 3.8 : Schéma illustratif du résultat de la simulation hydraulique Vitesse

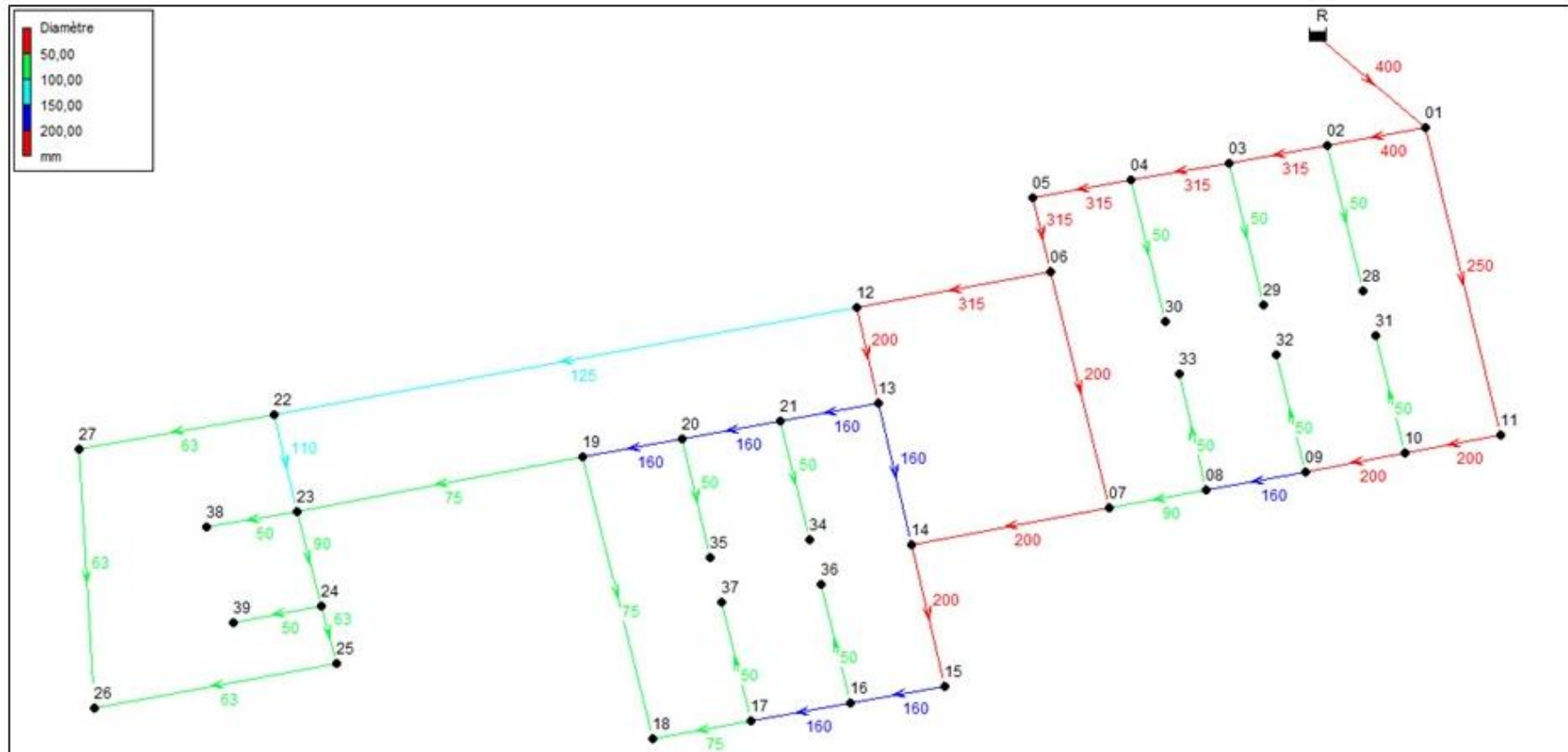


Figure 3.9 : Schéma illustratif du résultat de la simulation hydraulique Diamètre

3.5. CONCLUSION

L'utilisation des logiciels informatiques (EPANET, AutoCAD, COVADIS, EPACAD) dans le calcul des réseaux d'AEP a certainement changer la qualité des résultats qui se basaient auparavant sur les applications numériques de diverses formules de calcul.

Dans ce chapitre, on a fait le dimensionnement du réseau composé de cinq (05) mailles et certaines ramifications, toute en respectant les normes d'écoulement.

Les résultats obtenus vérifient les conditions d'écoulement en matière de vitesse et de pression.

- ❖ La vitesse minimale dans les conduites principales doit être égale à 0,5 m/s.
- ❖ La pression minimale dans les conduites principales est égale 10 mCE.

CHAPITRE 04

AUTOMATISATION DU RESEAU D'AEP SUR MODELE REDUIT

4.1. INTRODUCTION

L'automatisation d'un système hydraulique est un assemblage des composants hydraulique, mécanique, électronique et même informatique qui fonctionnent de manière élémentaire et complémentaire.

Ce chapitre contient le noyau de notre projet, dans lequel nous avons procédé à la réalisation d'un système prototype d'automatisme du circuit hydraulique du projet étudié en chapitre précédent sur un modèle réduit.

Nous avons montré les éléments constituant l'installation de notre circuit hydraulique. Ces différents éléments sont utiles à la conception de notre projet, ainsi nous allons commander ce petit réseau hydraulique par le biais d'un microcontrôleur.

4.2. MATERIELS ET METHODE

4.2.1. COMPOSANTS DU CIRCUIT HYDRAULIQUE

4.2.1.1. ARDUINO UNO

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs, composé de six individus, cette équipe a créé le « système Arduino ». C'est un outil qui va permettre aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes. A pour but de nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique [22].

Le système Arduino permet nous de réaliser un grand nombre des choses, qui ont une application dans tous les domaines, pour vous donner quelques exemples, vous pouvez :

- ❖ Contrôler les appareils domestique.
- ❖ Fabriquer votre propre robot.
- ❖ Faire un jeu de lumière.
- ❖ Communiquer avec l'ordinateur.
- ❖ Télécommander un appareil mobile.

La carte Arduino UNO est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328. Elle dispose :

- ❖ De 14 broches numériques d'entrée/ sortie.
- ❖ De 6 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/ sortie numériques).
- ❖ D'un quartz 16 Mhz.
- ❖ D'une connexion USB.
- ❖ D'un connecteur d'alimentation Jack.
- ❖ D'un connecteur ICSP (programme « in-circuit »). Et d'un bouton de réinitialisation (reset).

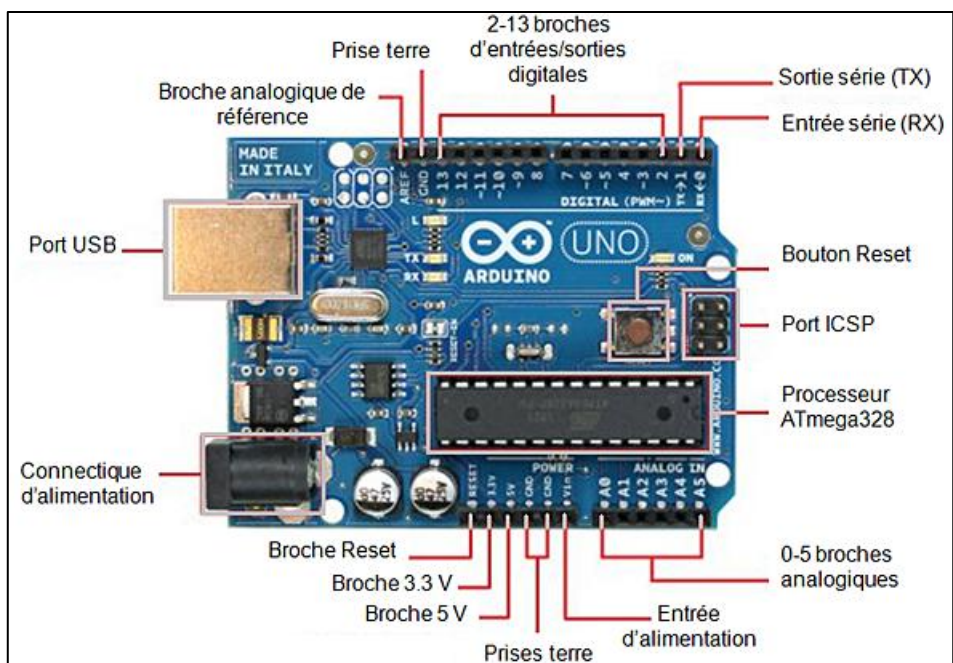


Figure 4.1 : carte Arduino Uno [22]

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB) [23].

4.2.1.2. MINI POMPE 6V

Une pompe à eau est un dispositif servant à déplacer un liquide d'un point à un autre. Une pompe à eau 12V est une pompe également connue sous le nom de pompe à eau basse tension compte tenu de la faible consommation en électricité de ses moteurs 12 volts [5.3]. Caractéristique de la pompe :

- ❖ TENSION DC : 3-5V.
- ❖ Courant de travail : 190-200 mA.
- ❖ Levée maximal : 30-80 cm.
- ❖ Débit : 120-160 l/h.
- ❖ Diamètre : 7.5mm.



Figure 4.2 : Mini Pompe 6 volts [24]

4.2.1.3. DETECTEUR DE NIVEAU

Ce module didactique délivre une tension analogique en fonction de niveau d'eau grâce à ses pistes imprimées. Le capteur délivre 700 lorsque le niveau est au plus haut et 400 est au plus bas. [25].

- ❖ Alimentation : 5V
- ❖ Connecteur : 3 broche (Vcc, GND et SIGNAL)
- ❖ Dimensions : 60/21/7 mm

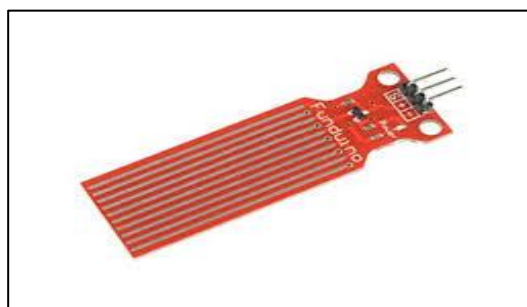


Figure 4.3 : capteur de niveau d'eau ST047 [25]

4.2.1.4. DEBITMETRE

Le débitmètre en plastique fileté ½’’ NPS est un module compatible Arduino qui vous permet de mesurer n'importe quel débit de liquide à un endroit précis.

Le débitmètre compatible Arduino se compose d'un capteur en forme de moulinet sur lequel vient s'attacher un petit magnat. De l'autre côté du tube, l'effet Hall permet de mesurer le nombre de rotations du moulinet, et donc le nombre d'impulsions.

On déduit le débit de ces impulsions, en sachant que chaque impulsion correspond à 2,25 millilitres.

Attention, les mesures peuvent être plus ou moins précises en fonction de la densité du liquide, de l'orientation du capteur et de l'intensité du débit. Caractéristique de débitmètre [26] :

- ❖ Tension de fonctionnement : 5 à 18 Vcc
- ❖ Courant max : 15 mA @ 5 V
- ❖ Débit de fonctionnement : 1 à 30 L/min
- ❖ Pression d'eau maximum : 2 MPa



Figure 4.4 : débitmètre YF-S201 [26]

4.2.1.5. RELAI QUATRE CANAUX

Cette carte vous permet de commander simplement des appareils à courants élevés. Utilisation très facile avec Arduino, Raspberry, pcDuino, Pics....etc.

- ❖ Ce module est compatible avec Arduino
- ❖ Ce module relais fonctionne sous 5V et est compatible avec Arduino PIC ARM AVR DSP.
- ❖ Il peut contrôler de nombreux équipements et appareils
- ❖ Il est très facile à contrôler avec de nombreux contrôleurs
- ❖ Il suffit d'envoyer un 5V pour le contrôler [27]

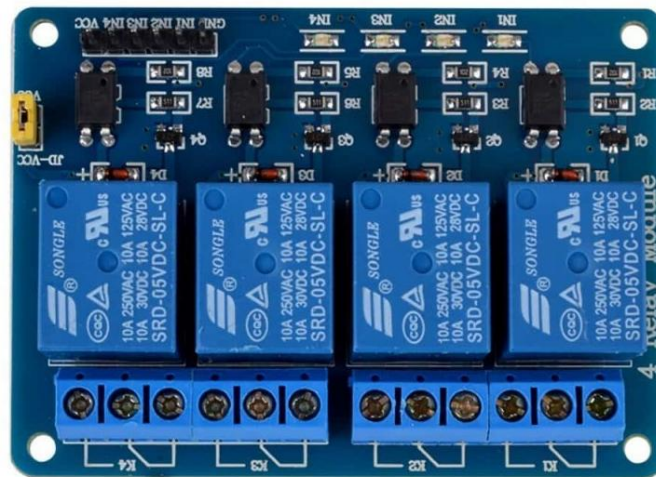


Figure 4.5 : relie 4 canaux [27]

4.2.1.6. TRANSFORMATEUR 6 VOLTS

L'adaptateur d'alimentation dispose de la prise EU et 5.5mm x 2.1mm taille du fiche. Il peut fonctionner avec d'autres appareils qui a besoin de 6V 2A alimentation en courant continu et adapte physiquement le bouchon. [28]



Figure 4.6 : transformateur model 0606 [28]

4.2.1.7. PLAQUE D'ESSAI

C'est une plaque en plastique isolant parsemé de plein de trous. Ces trous sont espacés de 2.54 mm qui est l'espacement standard des composants électroniques que nous utilisons dans nos montages.

Vous l'aurez donc compris les trous permettent d'enfoncer des composants ce qui permettra de le relier entre eux afin de réaliser le montage à tester. [27]

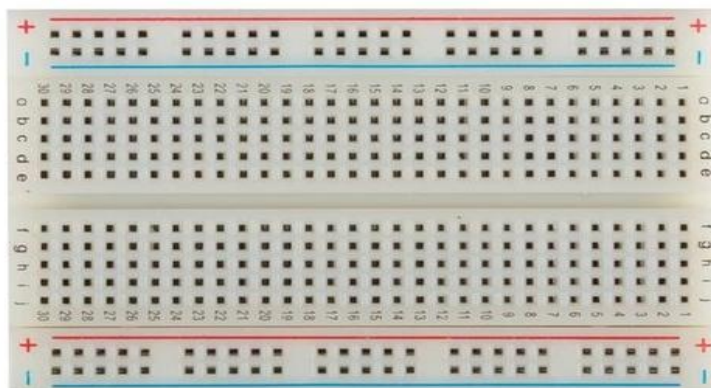


Figure 4.7 : plaque d'essai [27]

4.2.2. DESCRIPTION DE LA MAQUETTE

4.2.2.1. CONCEPTION TOPOGRAPHIQUE DE LA MAQUETTE

Pour la réalisation du prototype nous avons procédé à plusieurs étapes ; en l'occurrence, la conception topographique de la zone étudié en premier, en réalisant une maquette a support visuel réduit sur la base de polystyrène expansé, que nous avons découpé soigneusement sur mesure.

Il nous a fallu plus de deux semaines pour réaliser l'état réel de notre étude sur modèle réduit, toute en respectant le profil topographique par la conception manuelle des lignes de contour vectorisées et les, niveaux d'élévation, comme il est clairement visualisé sur la maquette (fig.4.8).

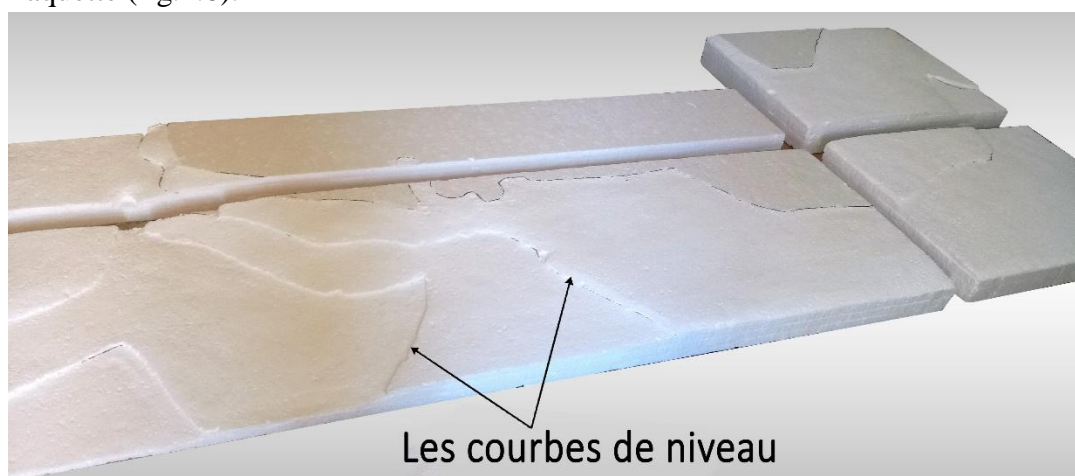


Figure 4.8 : image représente les courbes de niveau de terrain

Par la même façon, nous avons installé sur la maquette les différents logements du quartier, conformément au plan réel (fig.4.9).

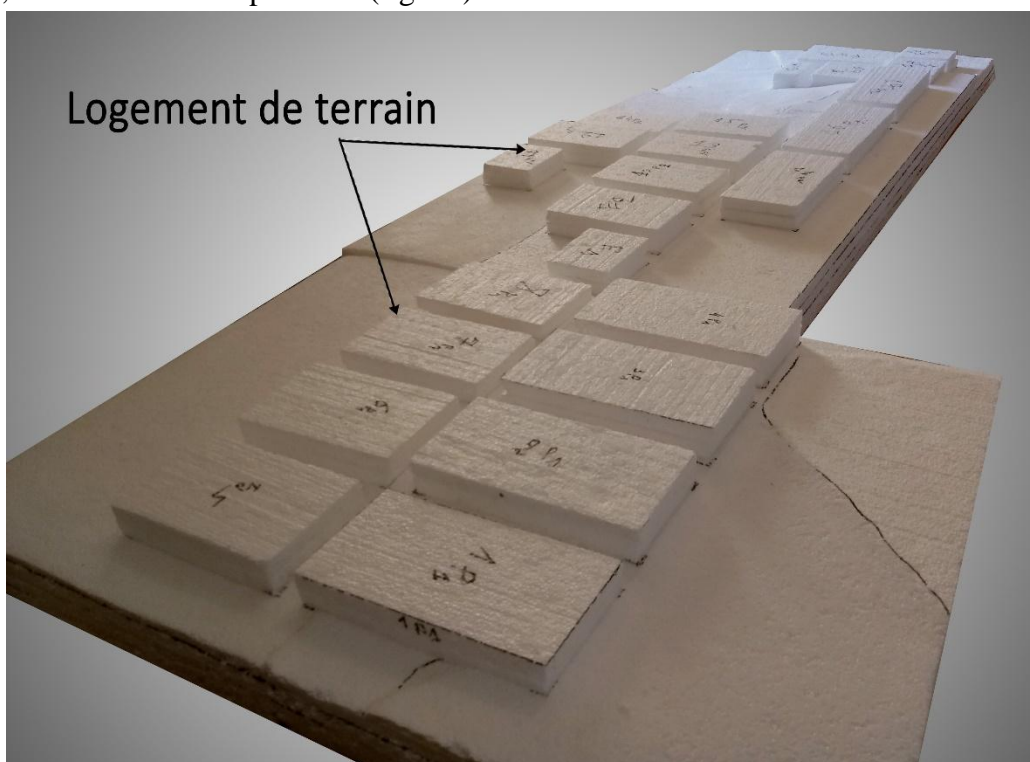


Figure 4.9 : image représente le terrain après l'installation de logement

4.2.2.2. MISE EN PLACE DU RESEAU HYDRAULIQUE

La maquette suscitée sert comme base à notre réseau hydraulique étudié, réduit selon l'échelle de référence adaptée à ladite maquette.

Conformément à notre projection théorique, nous avons réalisé un réseau de cinq mailles alimentées à partir d'un réservoir réduit ; conçu adéquatement à celui projeté en réalité.

Ainsi, le réseau que nous avons mise en place comporte deux parties, la première celle de réservoir et la seconde celle du réseau, dont pour le façonnement nous avons procédé comme suit :

Pour le réservoir, nous avons utilisé un bac de 10 litres monté sur un trépied élévateur, permettant d'offrir différentes hauteurs au-dessus de la maquette afin de la maintenir en charge. A une hauteur interne du bac nous avons installé un détecteur de niveau pour le contrôle de son remplissage, effectué à partir d'une mini pompe ; celle-ci nous l'avons installé dans un autre bac faisant fois de la source d'alimentation. La distribution du réservoir est à partir de son fond, elle est composée d'une conduite transparente de diamètre reflétant la réalité (échelle 1/12 donnant un diamètre de 15/21), une vanne de sortie et un débit mètre électronique transmettant le débit desservit à notre maquette directement sur un ordinateur de output.

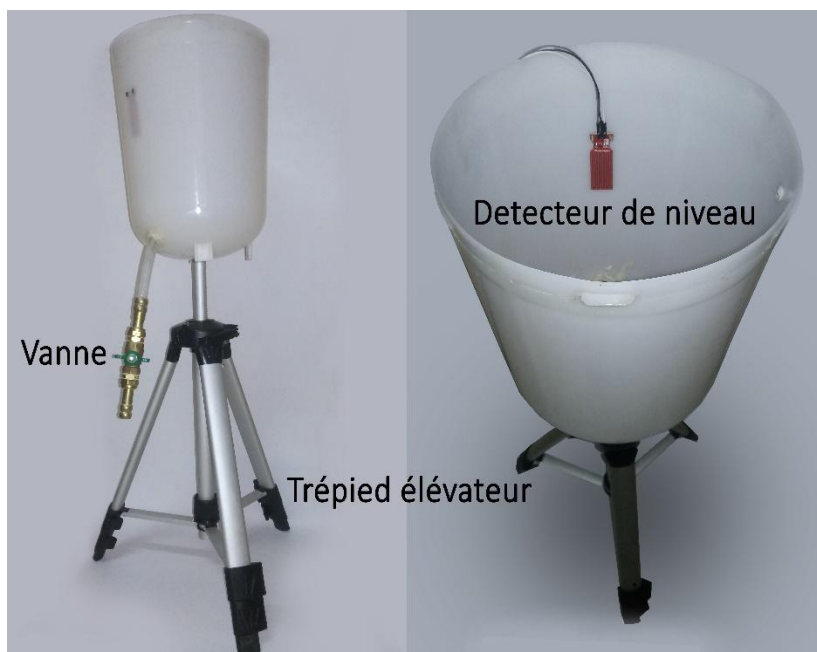


Figure 4.10 : Le réservoir et ses composants.

Concernant le réseau, nous avons translaté notre projection réelle sur la maquette, composé de cinq mailles englobant l'ensemble des habitations installées sur maquette, tout en utilisant une échelle réduite de 1/12 pour les diamètres des conduites des mailles, en l'occurrence, les diamètres de 20 mm, 12 mm, 10 mm, 8 mm, 6 mm et le 4 mm. Conformément au plan projeté nous avons également mis en place les ramifications de diamètres réduits égal à 4 mm.

Sur la deuxième maille nous avons installé le second débit mètre comme capteur de vérification du débit écoulé, ce dernier est transmis directeur sur ordinateur output.

Pour assurer l'écoulement le débit de route est conçu sous forme de deux points de vidange à l'exutoire du réseau.

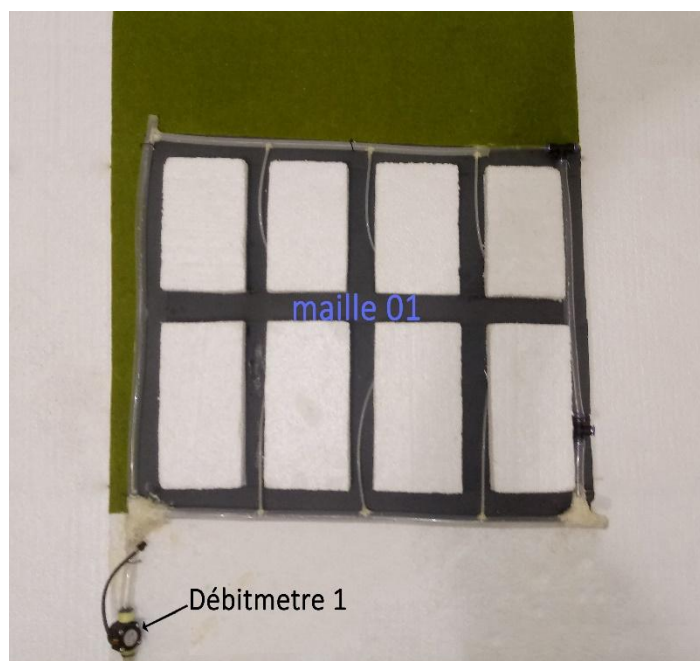


Figure 4.11 : première partie de réseau distribution (maille 01)

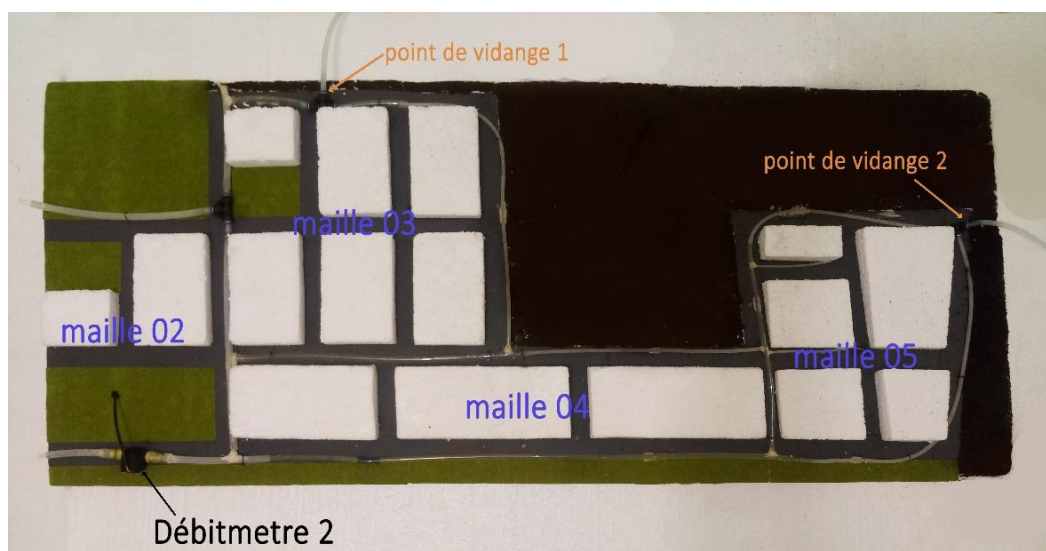


Figure 4.12 : deuxième partie du réseau distribution (maille 02.03.04.05)

4.2.2.3. INSTALLATION ET PROGRAMME DES COMPOSANTS

Après l'installation du réseau hydraulique, nous avons ajouté des composants automatiques pour contrôler le niveau d'eau dans le réservoir et voir le débit s'écouler vers le réseau de distribution. Ces composants sont installés et programmés avec le logiciel ARDUINO.

❖ INSTALLATION DES COMPOSANTS

- MINI POMPE 6V

L'Arduino ayant une tension de 5 volts c'est pour ça nous avons dû alimenter la pompe avec un transformateur de 6 volts et contrôler ce système avec un relai. Le montage est représenté ci-dessous (fig.5.13.) :

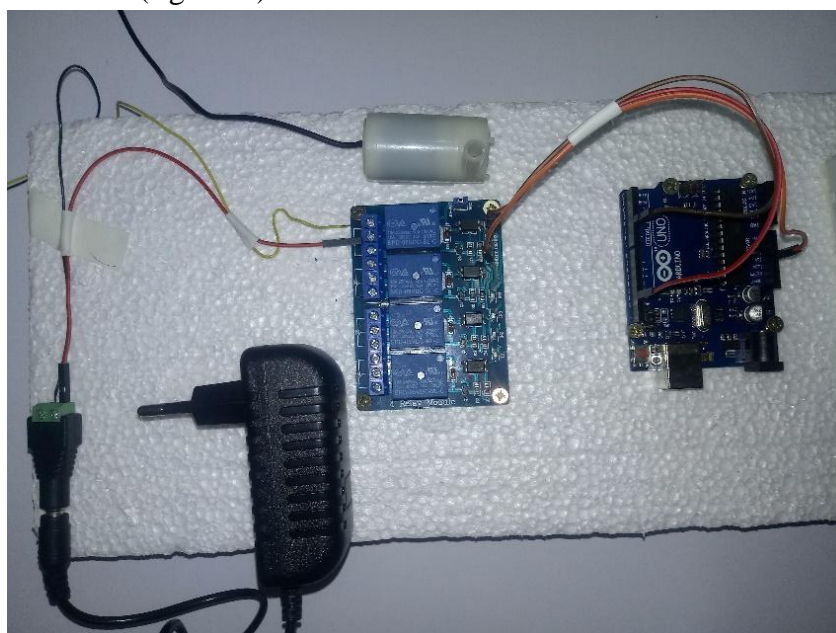


Figure 4.13 : montage transformateur. Pompe .relai et Arduino Uno

- ❖ Mini Pompe (-) → Transformateur (-)
- ❖ Mini Pompe (+) → Canaux De La Relai
- ❖ Transformateur (+) → Canaux De La Relai
- ❖ 5V (Arduino) → VCC (Relai)
- ❖ GND (Arduino) → GND (Relai)
- ❖ Pin 4 (Arduino) → IN4 (Relai)

- **DETECTEUR DE NIVEAU**

Le montage consiste à relier l'alimentation (5V et GND) et une lecture analogique de l'Arduino au capteur (Détecteur de niveau d'eau).

- ❖ 5V (Arduino) → pin + (Capteur)
- ❖ GND (Arduino) → pin - (Capteur)
- ❖ Analogue 0 (Arduino) → pin S (Capteur)

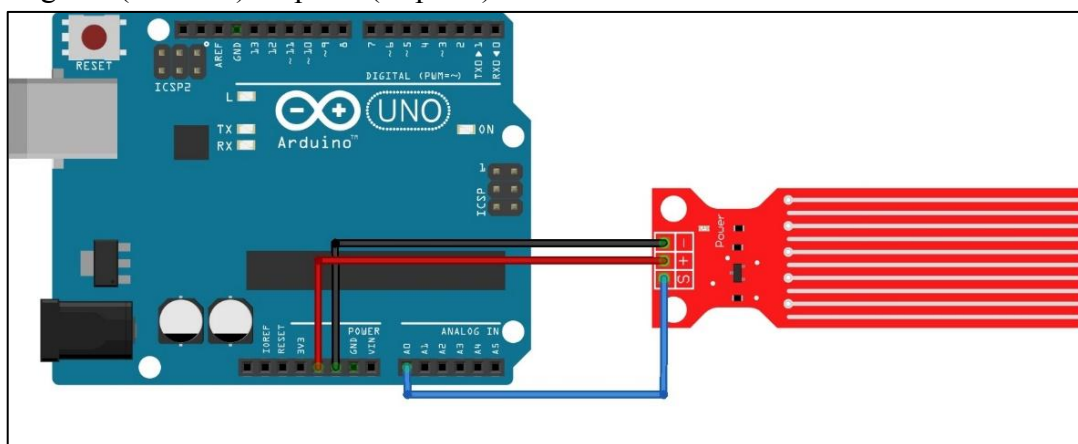


Figure 4.14 : montage détecteur de niveau. Arduino Uno [25]

- **DEBITMETRE**

Le montage consiste à relier l'alimentation (5V et GND) et une lecture numérique de l'Arduino au capteur (débitmètre).

- ❖ 5V (Arduino) → PIN + (Capteur)
- ❖ GND (Arduino) → PIN - (Capteur)
- ❖ PIN 2 (Arduino) → PIN S (Capteur)

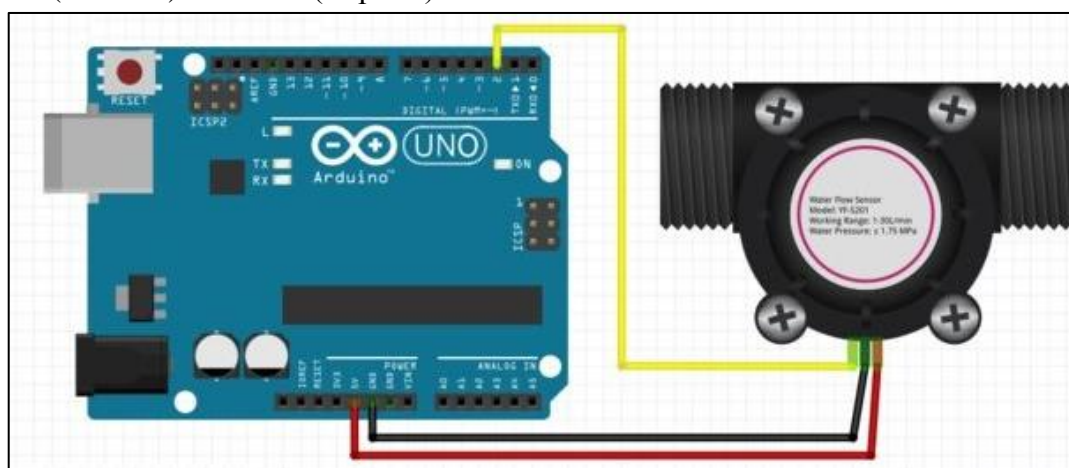


Figure 4.15 : montage débitmètre. Arduino Uno [26]

❖ PROGRAMME DES COMPOSANTS

- PRESENTATION DU LOGICIEL UTILISE :

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le Firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module).

Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler les programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec Avr-g++ 3, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties.

La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++. [22]

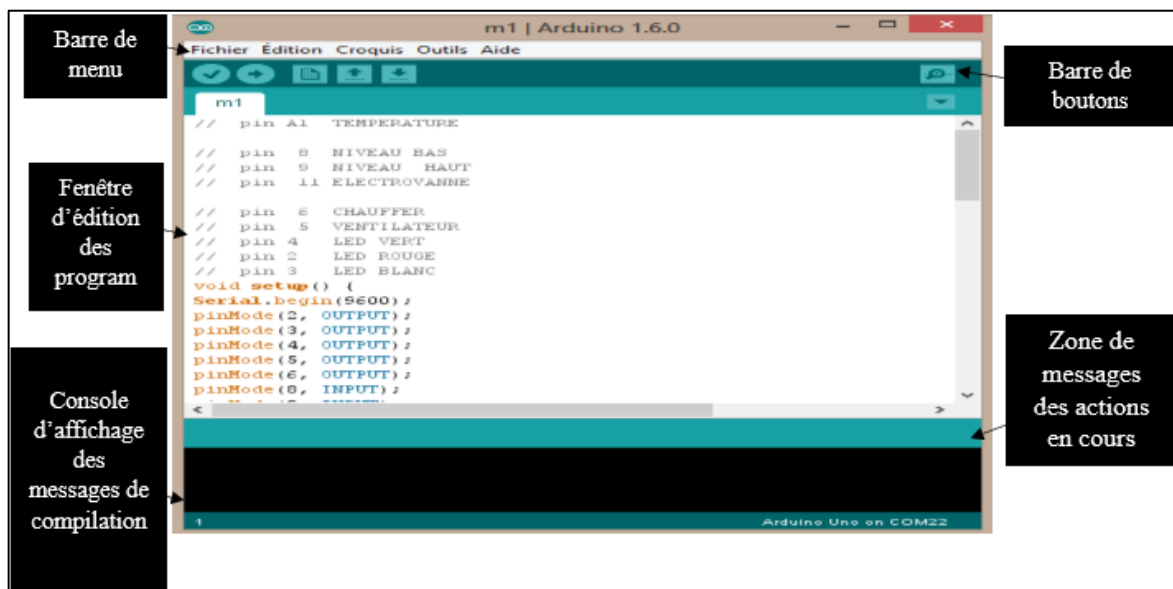


Figure 4.16 : L'interface de logiciel Arduino [22]

- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU LOGICIEL

Le principe est comme suit :

- ❖ On ouvre le logiciel Arduino.
- ❖ On compile le programme avec le logiciel Arduino.
- ❖ Si il y'a des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- ❖ On charge le programme sur la carte.
- ❖ On réalise le montage électronique de façon correct.
- ❖ On alimente la carte soit par le port USB de PC, soit par une source d'alimentation varie entre 7 et 12 volts.
- ❖ On vérifie que notre montage fonctionne.

- **PROGRAMATION FINAL :**

Le programme de fonctionnement de la maquette est comme suit :

```

void setup() {
  // CONFIGURATION ARDUINO
  pinMode(4, OUTPUT);
  pinMode(3 , INPUT);
  pinMode(2 , INPUT);
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(3), rpm1, RISING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2), rpm2, RISING);
}
//lecture du niveau reservoir
int L;
boolean niveau(){
  L = analogRead(A0);
  Serial.print("Niveau eau = ");
  Serial.println(L);
  delay (500);
  boolean T;
  if(L>80)T =HIGH ; else T=LOW ;
  return T;
}
//controle de la pompe
void pompe(boolean m){
  if (m) {
    digitalWrite(4, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(4, LOW);
  }
}
//Debimetre1
volatile int NbTopsFan1;
int debit_1;
void rpm1 () {
  NbTopsFan1++;
}
//Debimetre2
volatile int NbTopsFan2;
int debit_2;
void rpm2 () {
  NbTopsFan2++;
}
void loop() {
  boolean T = niveau();
  pompe (T);
  NbTopsFan1 = 0;
  sei();
  delay (1000);
  cli();
  debit_1 = (NbTopsFan1 * 60 / 7.5);
  Serial.print ("debit_1=");
  Serial.println(debit_1);
  NbTopsFan2 = 0;
  sei();
  delay (1000);
  cli();
  debit_2 = (NbTopsFan2 * 60 / 7.5);
  Serial.print ("debit_2=");
  Serial.println(debit_2);
}

```

4.2.3. MISE EN FONCTIONNEMENT DE LA MAQUETTE

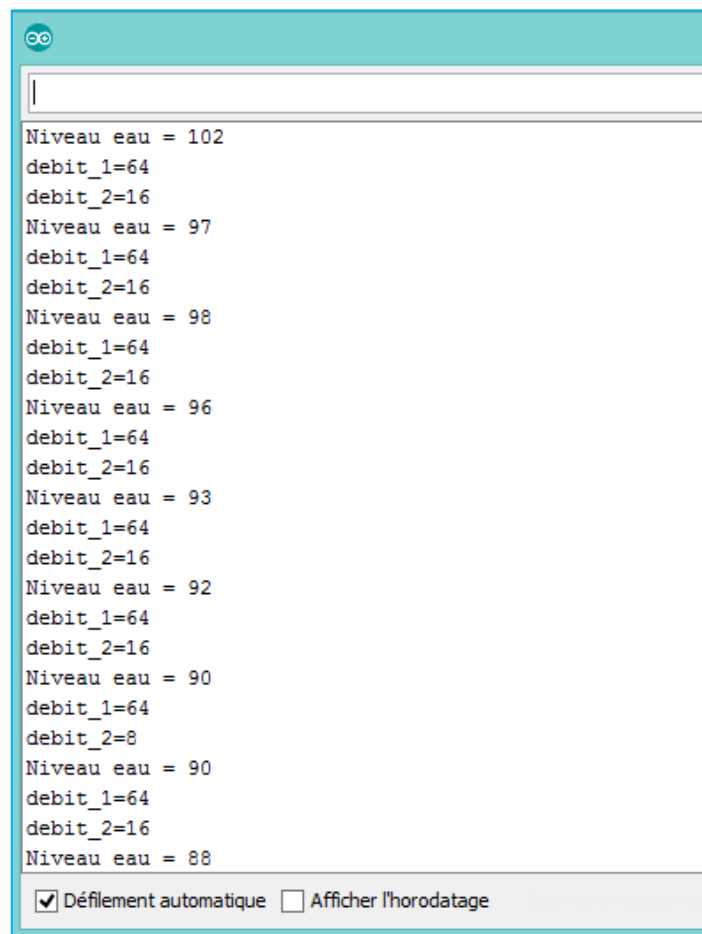
En ce qui concerne la mise en fonctionnement de la maquette en remarque qu'après l'exécution du programme la pompe commence à remplir le réservoir jusqu'à ce que l'eau atteigne le capteur qui à son tour envoie un signal analogique à l'Arduino pour éteindre la pompe.

Une fois le réservoir plein, nous distribuons de l'eau sur le réseau en ouvrant manuellement le robinet pour contrôler la quantité d'eau qui circule. Ici, nous remarquons que la pompe fonctionne lorsque le niveau d'eau baisse. En même temps, les deux débitmètres envoient un signal numérique à l'Arduino, ce qui nous permet de connaître la quantité d'eau qui circule dans le réseau grâce à l'affichage de moniteur série.

4.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

D'après le fonctionnement de la maquette on a obtenu de bons résultats au niveau de stockage. Car la pompe et le détecteur de niveau fonctionnent d'une façon proportionnelle.

Au niveau de la distribution grâce aux débitmètres on remarque que l'eau circule bien avec une vitesse variable à la sortie de réservoir et à l'entrée de la deuxième maille.



```
Niveau eau = 102
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 97
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 98
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 96
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 93
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 92
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 90
debit_1=64
debit_2=8
Niveau eau = 90
debit_1=64
debit_2=16
Niveau eau = 88
```

Défilement automatique Afficher l'horodatage

Figure 4.17 : Résultats de la simulation de débitmètre (l/h) et niveau d'eau

4.4. SYNTHÈSE

Dans ce chapitre, nous avons expliqué en détail les étapes de conception du modèle réduit du réseau d'alimentation en eau potable du nouveau quartier de Sidi Djillali ; celui-ci est réalisé par du polyester comme maquette topographique, sur laquelle nous avons installé les domiciles de l'agglomération tel qu'il est indiqué sur levé topographique.

Le réseau de distribution sous forme de tuyaux transparents à échelle réduite des canalisations que nous avons projeté, est doté d'un système de contrôle par asservissement automatique à partir du pompage vers le modèle réduit du réservoir jusqu'à la distribution de l'eau.

Sur notre système hydraulique automatisé, sont installés divers outils et matériels (composant électrique, pompe, tuyaux, réservoir...etc.) contrôlé par le programme de la plaquette ARDUINO en C++.

Le système est constitué de quatre parties principales, en l'occurrence, la partie détection des informations à partir des capteurs (détecteur de niveau d'eau dans le réservoir et les deux débitmètres qui mesurent le débit dans les nœuds). La seconde partie traitement de l'information par un circuit de commande qui ordonne l'action du remplissage du réservoir sous directive de l'ARDUINO UNO. Quant à la troisième partie, elle est opérative, elle contient les actionneurs en outre la pompe. Enfin, la quatrième partie, s'agissant du circuit hydraulique constitué d'un réservoir et tuyaux et raccordement (de différents petits diamètres reliés par des connecteurs).

Ce système prototype donne une image réelle d'automatisation du notre réseau hydraulique, avec une meilleure compréhension des circuits d'alimentation en eau.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La satisfaction des besoins en matière de l'eau de la population est une obligation systémique, pour cette raison plusieurs ouvrages et réseaux de divers types sont étudiés et réalisés, à partir du captage de la ressource et son développement, passant par les ouvrages de stockage par le biais des adductions et enfin les réseaux de distribution, que ce soit maillés, ramifiés ou encore couplé en mailles et ramifications. La présentation de ce circuit de distribution de l'eau à la population nous l'avons décrit soigneusement dans cette étude.

Toutefois, la distribution adéquate en quantité et qualité à la population reste une tâche complexe, surtout point de vu gestion. Raison pour laquelle, nous avons dans une partie de ce travail donné les différents modes de gestion orienté aux système d'alimentation en eau potable, nous avons bien décrit qu'il existe une gestion classique en matière de distribution et une autre intelligente, cette dernière est basée principalement sur l'automatisation du circuit hydraulique et l'asservissement de la consommation en eau, par l'utilisation des automates et capteurs télécommandés à distance par des programme, permettant de fournir l'eau à l'abonné selon ses besoins. Ce mode de gestion, nous l'avons bien détaillé dans notre travail.

Afin de mettre en évidence les objectifs l'importance de l'alimentation en eau potable, et d'atténuer les problèmes de la gestion de la distribution, nous avons dans cette étude dimensionné un réseau d'alimentation en eau potable d'un quartier dépourvu de tout réseau d'eau, en l'occurrence le nouveau quartier de Sidi Djillali, localisé au Sud de la Wilaya de Tlemcen.

Notre réseau projeté est composé d'un réservoir sur élevé d'une capacité de 1000 m³ permettant l'alimentation de tout le quartier est satisfaite en matière de débit et de pression par le biais de cinq (05) mailles et plusieurs ramifications.

Pour donner une description, au moins primaire, d'une gestion intelligente de distribution, nous avons eu le réflexe de reproduire la région que nous avons étudié et le réseau projeté sur une maquette réduite, celle-ci a constitué un prototype réel en matière des réseaux de distribution de l'eau.

Au départ nous avons sur support reproduit notre zone d'étude en 3D (bâtis et reliefs), sur laquelle nous avons mise en place la source (mini-pompe), réservoir sur élevé et les canalisations à une échelle réduite, tel qu'il a été décrit. Par la suite nous avons automatisé le circuit hydraulique, par l'utilisation d'une carte Arduino-Uno, à laquelle nous avons relié la mini pompe alimentant le réservoir, dont le niveau de remplissage est commandé par un détecteur de niveau, dont le signal est envoyé à l'Arduino, par contre, le débit soit de la distribution ou de circulation est évalué par un débit mètre à la sortie du réservoir afin de voir le flux de consommation, et le second est installé à la seconde maille considérée comme maille témoin de la distribution, la valeur du volume d'eau distribué dans le temps par les deux débits mètre est traduite par l'Arduino à lequel sont reliés les deux débits mètre.

Le moniteur série affiche les résultats sur un micro-ordinateur, soit du niveau de remplissage du réservoir par la mini pompe, ou encore les valeurs des débits en litre par heure des deux débits mètre.

Les résultats montrent clairement la superposition de la distribution sur maquette sur celle du dimensionnement réel effectué au début par le tracé sur Autocad suivi par la simulation de la meilleure distribution par Epanet.

Ceci dit, nous pouvons conclure que l'utilisation de la distribution automatisée à grande échelle, avec asservissement et télécommande à distance, est de nos jours une nécessité pour satisfaire adéquatement les besoins de la population et assurer une gestion intelligente du réseau.

Enfin, le prototype que nous avons réalisé, peut être amélioré et affiné pour constituer une maquette d'alimentation en eau potable par intelligence artificielle de tout réseau de distribution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : Cours AEP, Institut des techniciens spécialisés en génie rural et topographie, MEKNES 2008
- [2] : OUSSAMA KHELIEL ; dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route TOUGGOURT – EL OUED – ; Thèse de master ; JUIN 2015
- [3] : BONIN J ; « hydraulique urbaine appliqués aux agglomérations de petite et moyenne importance » Eyrolles, paris, 1977
- [4] : BOUHENICHE RIDA, Mise à jour de programme CRDEP.MMR, Thèse de Master, 2016
- [5] : BEDJAOUI, ACHOUR ; Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface –LARHYSS Université de BISKRA ; MARS 2014
- [6] : Mohamed BOULOULARD ; Gestion et exploitation de réseau d'eau potable, Formation Maroc, 2014.
- [7] : GUEDDOUJ et OUARET ; Optimisation multicritère pour la gestion d'un réseau d'AEP ; thèse d'ingénieur ; 2002.
- [8] : TIGHZER FARHAT et MESSAOUDI Slimane, Conservation et combinaison de deux automates S5-95 V et S7-200 vers un automate S7-300, Master en ELECTRONIQUE, 2016.
- [9] : Lycees.ac-rouen.fr, Buts de l'automatisation.
- [10] : C .JOSSIN, I:\TRAVAIL\AUTOM_Buts_de_l'automatisme.DOC.
- [11] : MELLALI Sofiane- Mr. YOUSFI Lounis, Etude de l'automatisation et de la supervision d'un procédé de lavage de filtres Niagara à CEVITAL, Master en Automatique, 2017.
- [14] : D.GRIDAINE, l'automate programmable industriel, S.T.S, maintenance industrielle, lycée les lombardes académies Reims jeunesse éducation recherche, PI.
- [15] : B. Hamza, R. Abdel basset, Mémoire de système de control distribué (DCS) avec l'exploitation de l'automate programmable AC800 F (ABB), 2011.
- [17] : I.ABDELLAOUI, contribution à l'étude de la biomasse aérienne dans la région de SIDI DJILLALI, thèse d'ingénieure d'état, 2013.
- [19] : ENNEBATI Mohammed El Amin, potentialités hydrologiques de l'écosystème steppique de Tlemcen et intégration des données dans un système a référence spatiale, Diplôme de magister, 2016.
- [20] : Ngagne DIOP, étude complète de l'alimentation en eau potable du village de Ritté DIAW, l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception, JUILLET 2002.
- [21] : Lewiis A.Rossmann, EPANET 2.0 simulation hydraulique et qualité pour les réseaux d'eau sous pression, 01/09/2003 FRANCE.
- [22] : ERICK BARTMANN ; Le Grande livre d'Arduino ; 2015.
- [23] : JOHN NUSSEY, Arduino pour les nuls, AVRIL 2013.
- [25] : Robotique et composantes électronique ; Guide de mise en marche du capteur de niveau d'eau ST045 ; 2018.

[26] : Dialog SEMICONDUCTEUR, Application note water flow meter, MARS 2018.

SITES INTERNET :

[12] : Consulté le site : <http://meidoyen.openelement.fr/Files/Other/> ,25/09/2019.

[13] : Consulté le site : <http://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>, 25/09/2019.

[16] : Consulté le site : <https://fr.scribd.com/doc/83113774/Rapport-de-Stage> 23/07/2019 09:43

[18] : Consulté le site, https://fr.wikipedia.org/wiki/Sidi_Djillali , 05 /07/2019 16.15.

[24] : Consulté le site : <https://www.pompeaeau.net/pompe-eau-12-v> 18/05/2017 12:30.

[27] : Consulté le site : <https://store.arduino.cc/> , 05/09/2019 10 :45.

[28] : Consulté le site : <https://www.cdiscount.com/> , 05/09/2019 11 :30.

RESUME

La gestion de la distribution de l'eau reste de nos jours une vraie problématique, plusieurs méthodes d'alimentation en eau sont appliquées pour satisfaire les besoins. Dans cette démarche, nous avons effectué une étude d'alimentation en eau du nouveau quartier de Sidi Djillali au Sud/Ouest (Wilaya de Tlemcen), avec l'utilisation de l'asservissement comme moyen de stratégie de contrôle de l'alimentation. Pour cela, nous avons conçu un modèle réduit de la zone d'étude, avec mise en place de notre réseau projeté par la mise au point d'un réservoir et des canalisations à échelle réduite, doté d'un système d'asservissement automatique, en utilisant un Arduino-Uno et des capteurs de niveau et de débits, ainsi que d'autres composants, les résultats du fonctionnement du réseau sont transmis par un programme à un Ordinateur. L'étude a démontré que le réseau que nous avons projeté donne une distribution adéquate en matière de consommation.

Mots-clés : stratégie de contrôle, distribution en eau, modèle réduit, asservissement automatique, Quartier Sidi Djillali.

ABSTRACT

The management of the distribution of water remains today a real problem; several methods of water supply are applied to satisfy the needs. In this approach, we conducted a water supply study of the new district of SIDI Djillali South / West (Wilaya De Tlemcen), with the use of strategy of Control water distribution networks. To do this, we designed a reduced model of the study area, with the installation of our projected network by the development of a reservoir and reduced-scale pipes, equipped with an automatic control system, using an Arduino-Uno, level and water flow sensors, as well as other components, the results of network operation are transmitted by a program to a computer. The study showed that the network we have projected provides adequate distribution in terms of consumption.

Keywords: control strategy, reduced model, distribution network, district of SIDI Djillali, automatic control system

ملخص

لا تزال إدارة توزيع المياه تشكل حتى الآن مشكل حقيقي حيث يتم تطبيق عدة طرق لتوفير المياه لتلبية الاحتياجات. في هذا النهج، أجرينا دراسة لإمداد المياه الى منطقة سيدي جيلالي التي تقع في جنوب غرب ولاية تلمسان، باستخدام استراتيجية التحكم في شبكات التوزيع. للقيام بذلك، قمنا بتصميم نموذج لمنطقة الدراسة، وهذا مع تركيب خزان مرتبط بشبكة مياه ذات أنابيب صغيرة الحجم مجهزة بنظام تحكم تلقائي، باستخدام Arduino-Uno وأجهزة استشعار المستوى والتدفق بالإضافة إلى مكونات أخرى بحيث يتم نقل نتائج تشغيل الشبكة بواسطة برنامج إلى جهاز كمبيوتر. أظهرت الدراسة أن الشبكة التي وضعناها توفر توزيعاً مناسباً من حيث الاستهلاك.

الكلمات المفتاحية: استراتيجية التحكم، توزيع المياه، النموذج المصغر، التحكم الآلي، حي سيدي جيلالي.