

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Hydraulique

Option : Hydraulique urbain

Présenté par : ABEKHTI fatima zahra et HARID loubna

**Thème : Modélisation d'un réseau d'AEP par deux logiciels avec
élaboration d'un SIG**

Sous la direction de : Mme Oumeddour née Dorbani Meriem

Juin 2018

Résumé :

Les modèles hydrauliques permettent la simulation du comportement hydraulique d'un réseau d'eau potable quelque soit la saison ou l'heure à laquelle on se positionne. Après avoir récolté toutes les données décrivant l'architecture du réseau et effectué toutes les mesures du débit et de pression envisagées, il est nécessaire de confronter les premiers résultats du modèle aux valeurs mesurées : c'est la phase de calage du modèle. Ce calage a non seulement permis d'affiner les paramètres choisis pour décrire l'état intérieur des conduites mais également la répartition des consommations sur le réseau (paramètres de calage) mais aussi de détecter de fortes incohérences avec les éléments en notre possession.

Ce mémoire a pour objectif principal d'étudier les modèles de calcul des réseaux d'alimentation en eau potables et d'établir une comparaison entre **Epanet** et **WaterCAD**. Le calage des modèles sera réalisé en faisant concorder les résultats aux mesures réalisées sur le terrain.

Pour atteindre cet objectif ce travail s'est appuyé sur une étude théorique pour chaque modèle puis on a réalisé une application sur le réseau d'AEP de la ville de **Bendjerrah (Guelma)** qui a été tracé sous **Arc Gis**.

Abstract:

Hydraulic models allow the simulation of the hydraulic behavior of a drinking water network, whatever the season or the time at which one is positioned. After having collected all the data describing the architecture of the network and carried out all the measurements of the flow and pressure envisaged, it is necessary to compare the first results of the model with the measured values: it is the phase of calibration of the model. This calibration not only allowed refining the parameters chosen to describe the internal state of the pipes but also the distribution of consumption on the network (calibration parameters) but also to detect strong inconsistencies with the elements in our possession.

The main objective of this thesis is to study the calculation models of drinking water supply networks and to make a comparison between Epanet and WaterCAD. The calibration of the models will be done by matching the results to the measurements made in the field.

To achieve this objective, this work was based on a theoretical study for each model and then we made an application on the AEP network of the city of Bendjerrah (Guelma) which was drawn under Arc Gis.

ملخص

تسمح النماذج الهيدروليكية بمحاكاة السلوك الهيدروليكي لنظام مياه الشرب بغض النظر عن الموسم أو الوقت الذي يتم فيه وضع المرء. بعد جمع كل البيانات التي تصف بنية الشبكة وتنفيذ جميع قياسات التدفق والضغط المتوخى ، من الضروري مقارنة النتائج الأولى للنموذج بالقيم المقاسة: وهي مرحلة المعايرة في النموذج. هذه المعايرة لا تسمح فقط بتحسين المعلومات المختارة لوصف الحالة الداخلية للأنبيب ولكن أيضا توزيع الاستهلاك على الشبكة (المعلومات المعايرة) ولكن أيضا للكشف عن التناقضات القوية مع العناصر الموجودة في حوزتنا.

لهدف الرئيسي من هذه الرسالة هو دراسة نماذج حساب شبكات تزويد مياه الشرب وإجراء مقارنة بين Epanet و WaterCAD. سيتم إجراء معايرة النماذج من خلال مطابقة النتائج مع القياسات التي تتم في هذا المجال.

لتحقيق هذا الهدف ، استند هذا العمل إلى دراسة نظرية لكل نموذج ثم لتحقيق تطبيق على شبكة AEP من مدينة بن جراح (قالمة) التي تم رسمها تحت ArcGis

Liste de figures

Chapitre I : Généralité sur l'AEP

Figure I-1 :	Les éléments spécifiques d'un réseau d'eau potable.....	2
Figure I-2 :	Captage direct de l'eau à partir d'une source	3
Figure I-3 :	Captage direct de l'eau par un forage	4
Figure I-4:	Prise au milieu d'une rivière	4
Figure I-5:	Prise dans le fond du lit d'une rivière.....	5
Figure I-6:	Prise sur berge.....	5
Figure I-7:	Alimentation du réseau de distribution par gravité à partir d'un réservoir.	10
Figure I-8:	Station de pompage couplée à un réservoir.....	11
Figure I-9:	Système avec postes de surpression.....	11
Figure I-10 :	Réseau ramifié.....	13
Figure I-11 :	Réseau maillé.....	13
Figure I-12 :	Réseau étagé.....	15

Chapitre II : Présentation des méthodes de calcul d'un réseau d'AEP

Figure II-1:	Principe de la méthode de Hardy-Cross.....	22
Figure II-2 :	Présentation de l'écran.....	34
Figure II-3 :	Présentation de l'écran.....	34
Figure II-4 :	Paramètre de calcul	35
Figure II-5 :	Boîte de dialogue : options du schéma.....	35
Figure II-6 :	l'éditeur de propriété.....	36
Figure II-7 :	propriété de réservoir.....	37
Figure II-8 :	Interface de Water CAD.....	40
Figure II-9 :	fenêtre d'ouverture.....	40
Figure II-9 :	La fenêtre d'option (unité).....	41
Figure II-10 :	La fenêtre d'option (Drawing).....	41
Figure II-11 :	Les outils du dessin	42
Figure II-12 :	La fenêtre de propriété du nœud	42

Figure II-13:	La fenêtre de propriété du Tuyau	43
Figure II-14 :	La fenêtre de propriété du Réservoir.....	43

Chapitre III : Confection du SIG

Figure III – 1 :	Structure d'un SIG.....	49
Figure III -2:	Principales fonctions d'un SIG.....	51
Figure III-3:	les applications d'Arc GIS.....	54
Figure III-4:	interface d'Arc Map.....	54
Figure III-5:	Interface d'Arc Catalog.....	55
Figure III-6:	Interface d'Arc Toolbox.....	56
Figure III-7:	Spatial Analyst.....	57
Figure III-8 :	3D analyst.....	57
Figure III-15:	tracé du réseau de la ville de Bendjerrah.....	62
Figure III-16:	Plan de Bendjerrah tracé par Arc Gis.....	64
Figure III-17:	tracé du réseau d'AEP de la ville de Bendjerrah par Arc Gis.....	65
Figure III-18:	table attributaire des nœuds.....	66
Figure III-19 :	table attributaire des conduites.....	67

Chapitre IV : Cas d'étude (commune de Bendjerrah)

Figure IV-1 :	Situation de la commune de Bendjerrah.....	68
Figure IV-2 :	Photo satellite de la commune de Bendjerrah.....	69
Figure IV-3:	réseau projetée de Bendjerrah sous Arc Gis.....	76
Figure IV-4 :	plan de masse de la ville de Bendjerrah.....	85
Figure IV-5 :	plan du réseau de Bendjerrah.....	86
Figure IV-6 :	Résultats du comparaison vitesse entre les 2 méthode du calcul.....	96
Figure IV-7 :	Résultats du comparaison pression entre les 2 méthode du calcul.....	100

Sommaire

Résumé

Liste des figures

Listes des tableau

Chapitre I : Généralité sur l’AEP

I-1-	Introduction	1
I-2-	Les réseaux d’eau potable	1
I-3-	Les éléments spécifiques des réseaux d’eau potable	2
I-3-1-1-	Les éléments spécifiques des réseaux d’eau potable	2
I-3-1-2-	Captage des eaux	2
I-3-1-1-	Captage des eaux souterraines	3
I-3-1-2-	Captage des eaux de surface	4
I-3-2-	Traitement des eaux	6
I-3-2-1-	Le prétraitement	6
I-3-2-2-	Le traitement de clarification	6
I-3-2-3-	Le traitement bactéricide et virulicide	6
I-3-3-	L’adduction	7
I-3-4-	Accumulation (stockage)	8
I-3-4-1-	Fonction générale des réservoirs	8
I-3-4-2-	Emplacement des réservoirs	9
I-3-5-	La distribution	10
I-3-5-1-	Système de distribution	10
I-3-5-2-	Système d’approvisionnement en eau par gravité.....	
I-3-5-3-	Systèmes avec les stations de pompage couplées à des réservoirs	10
I-2-3-	Système avec postes de surpression seulement	11
I-3-5-1-	Types des réseaux de distribution	12
I-3-5-2-	Description du réseau de distribution	15

a)	Les conduites	15
b)	Les pompes	16
c)	Les vannes	16
d)	Les nœuds	17
e)	Poteaux d'incendie	17
f)	Ventouses	17
I-4-	Gestion des réseaux	18
I-5-	Modélisation des réseaux d'AEP	19
	Conclusion.....	19

Chapitre II : Présentation des méthodes de calcul d'un réseau d'AEP

II-1-	Introduction	20
II-2-	La méthode de Hardy cross	20
II-2-1-	Hypothèses de calcul par la méthode de Hardy – Cross	21
II-2-2-	II-2-2- Principe de calcul d'un réseau maillé par la méthode de Hardy-Cross	21
II-2-2-1-	Loi des nœuds	21
II-2-2-2-	Loi des mailles ou loi de la conservation de la charge	22
II-2-2-3-	Calcul du diamètre	24
II-2-2-4-	Calcul des pertes de charge totales	24
a)-	Formule de Hazen-Williams.....	25
b)-	Formule de Darcy-Weisbach	26
II-2-2-5	Equilibre des mailles	27
II-2-2-6-	Correction des débits	27
II-2-2-7-	Correction algébrique des débits des conduites de maille	28
II-2-2-8-	Correction du débit initial d'une conduite adjacente	28
II-3-	La méthode Epanet	29
II-3-1-	Définition	29
II-3-2-	Objectif	29

II-3-3-	Potentialités du logiciel « Epanet ».....	30
II-3-4-	Spécificités du logiciel « Epanet »	30
II-3-5-	Caractéristiques principales du logiciel « Epanet »	30
II-3-6-	Méthode de calcul d'Epanet	31
II-3-7-	Les Étapes de l'Utilisation d'Epanet	33
II-4-	Watercad	38
II-4-1-	Définition	38
II-4-2-	Origines et développement	38
II-4-3-	Méthode de calcul de WaterCAD	39
II-4-4-	Les Étapes de l'Utilisation WaterCAD.....	40
	Conclusion.....	44

Chapitre III : Elaboration du SIG

III-1-	Introduction	45
III-2-	Décomposition du SIG	45
III-3-	Définition	46
III-4-	Historique	46
III-5-	Objectif de SIG	47
III-6-	Les composants d'un SIG	47
III-7-	Les lexiques du SIG	48
III-8-	Structure de SIG	48
III-9-	Domaines d'application des SIG	49
III-10-	Principaux critère de choix d'un SIG	50
III-11-	Principale fonction d'un SIG	50
III-12-	Principales contraintes des SIG	51
III-13-	Les avantages des SIG	52
III-14-	Différentes SIG existantes sur le marché	52
III-15-	Logiciel Arc GIS	52
III-15-1-	Présentation de Logiciel Arc Gis	53

III-15-2-	Les avantages d’Arc GIS	53
III-15-3-	les applications d’Arc GIS	54
	Arc Map	54
	Arc Catalog	55
	Arc Toolbox	56
III-15-4-	Les extensions d’Arc GIS	57
III-16-	Saisie des plans et données du système existant-cartographie	59
III-16-1-	Plans sur Auto CAD	59
III-16-2-	Analyse des données	62
III-16-3-	Numérisation des données.....	62
III-16-4-	Création de la base de données	63
Chapitre IV : Cas d’étude (commune de Bendjerrah)		
IV-1-	Introduction.....	66
IV-2-	Situation géographique, administrative.....	67
IV-3-	Description du réseau de Bendjerrah.....	69
IV-3-1-	Adduction ou production.....	70
IV-3-2-	Les composantes du réseau.....	71
IV-3-2-1-	La source d’alimentation.....	72
IV-3-2-2-	Les réservoirs d’eau potable.....	73
IV-3-2-3	Le réseau de distribution.....	75
IV-4-	Calcule des besoins.....	77
IV-4-1-	- Estimation de la population.....	77
IV-4-2-	Estimation des besoins en eau.....	78
IV-4-2-1-	Besoin domestique.....	78
	CONCLUSION.....	103

Liste des tableaux :

Tableau I -1	Comparaison entre réseau maille et ramifier	14
Tableau II-1:	Coefficients de rugosité pour les tuyaux.....	25
Tableau II-2 :	facteur de frottement pour les tuyaux.....	26
Tableau IV-1 :	Fiche technique de la station de pompage – SP1 -.....	72
Tableau IV-2 :	Fiche technique des réservoirs R3 x 500.....	73
Tableau IV-3 :	Fiche technique du réservoir R200.....	74
Tableau IV-4 :	Evolution de la population à l’horizon 2044.....	78
Tableau IV-5 :	Dotation unitaire moyenne.....	78
Tableau IV-6 :	Besoins actuels des équipements.....	80
Tableau IV-7 :	Tableau des consommations horaire.....	84
Tableau IV-8	: comparaison des vitesses.....	91
Tableau IV-8	: comparaison des pressions.....	99

Introduction

Dans ce modeste travail, nous avons essayé de réaliser une comparaison entre deux modèles : Epanet et WaterCAD dans le calcul des réseaux d'alimentation d'eau potable.

En effet, des logicielles ne cessait de se développer, pour équilibrer un réseau d'alimentation en potable et cela en voulant seulement vérifier la loi des nœuds et la loi des mailles.

Après une synthèse bibliographique des modelés choisis pour ce travail à savoir : Epanet, WaterCAD, ArcGIS et AutoCAD.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

- **Le premier chapitre** : recherche bibliographique.
- **Le deuxième chapitre** : présentation de méthodes du calcul.
- **Le troisième chapitre** : cas d'étude.
- **Le quatrième chapitre** : confection d'un SIG.
- **Conclusion.**

Chapitre I : Généralité sur l'AEP

I-1- Introduction :

Ouvrir un robinet d'eau potable à domicile est aujourd'hui 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. C'est le rôle des services de distribution d'eau potable.

En matière d'eau potable, la mission essentielle de la collectivité est de garantir une desserte satisfaisante de tous les usagers, avec les quatre objectifs suivants :

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

A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau "**maille, ramifié, ou mixte**" de canalisation sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés.

Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant et économique, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles.

I-2- Les réseaux d'eau potable :

Les réseaux d'eau sont formés d'ensemble d'infrastructures qui doivent véhiculer jusqu'aux points prévus une eau de bonne qualité, en quantité suffisante et avec le moins de défaillance possible. Cette eau doit être propre à la consommation, exempte de matière nocives et de

microbes dangereux, et conserver impérativement ses qualités jusqu'aux points de consommation, qui sont les habitations et les fontaines et bâtiments publics et, souvent, aux besoins en eau nécessaire pour lutter contre les incendies et les besoins d'irrigation.

I-3- Les éléments spécifiques des réseaux d'eau potable :

Depuis son captage dans le milieu naturel jusqu'au robinet du consommateur, l'eau nécessite de nombreuses infrastructures pour son transport (**figure I-1**) :

- Captage.
- Traitement des eaux.
- Adduction (refoulement).
- Accumulation (stockage).
- Distribution. .

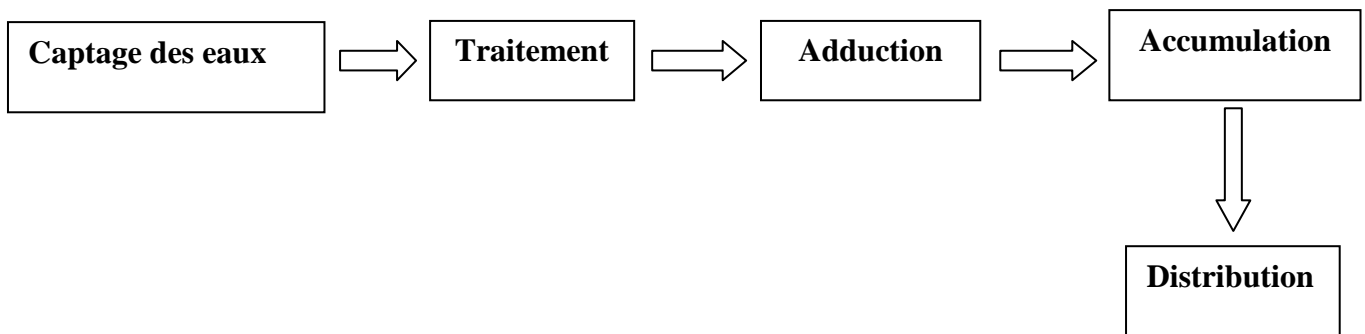


Figure 1-1 : Les éléments spécifiques d'un réseau d'eau potable

I-3-1- Captage des eaux :

Les captages sont les travaux effectués pour prélever les eaux naturelles en vue de l'alimentation, ils peuvent concerner soit l'eau présente dans le sous-sol, sous forme de nappes aquifère, soit celle qui surgit du sous-sol à la surface par des sources, soit encore celle que l'on trouve à la surface du sol, dans les rivières ou dans des étangs naturels ou artificiels.

I-3-1-1- Captage des eaux souterraines :

En l'absence d'eau de surface en quantité suffisante et de qualité acceptable, on doit tenter d'utiliser les eaux souterraines.

Un **aquifère** est un corps de roche perméable comportant une zone saturée, suffisamment conducteur d'eau souterraine pour permettre à l'eau l'écoulement significatif et l'exploitation d'une quantité d'eau appelée *Nappe souterraine*.

Une **nappe souterraine** est l'ensemble des eaux souterraines contenus dans l'aquifère dont toutes les parties sont en liaison hydraulique .

Les eaux souterraines peuvent être prélevées par des puits ou des forages dans des nappes d'eau souterraine. Ces eaux sont captées soit :

- A leur source (**figure I-2**).
- Au cœur de la nappe (figure I.6).
- Dans le gisement pour les eaux circulant en terrains fissurés.

Parfois, on sera amené à capter les eaux circulant à grande profondeur. Les procédés de captage varient selon la configuration du site.

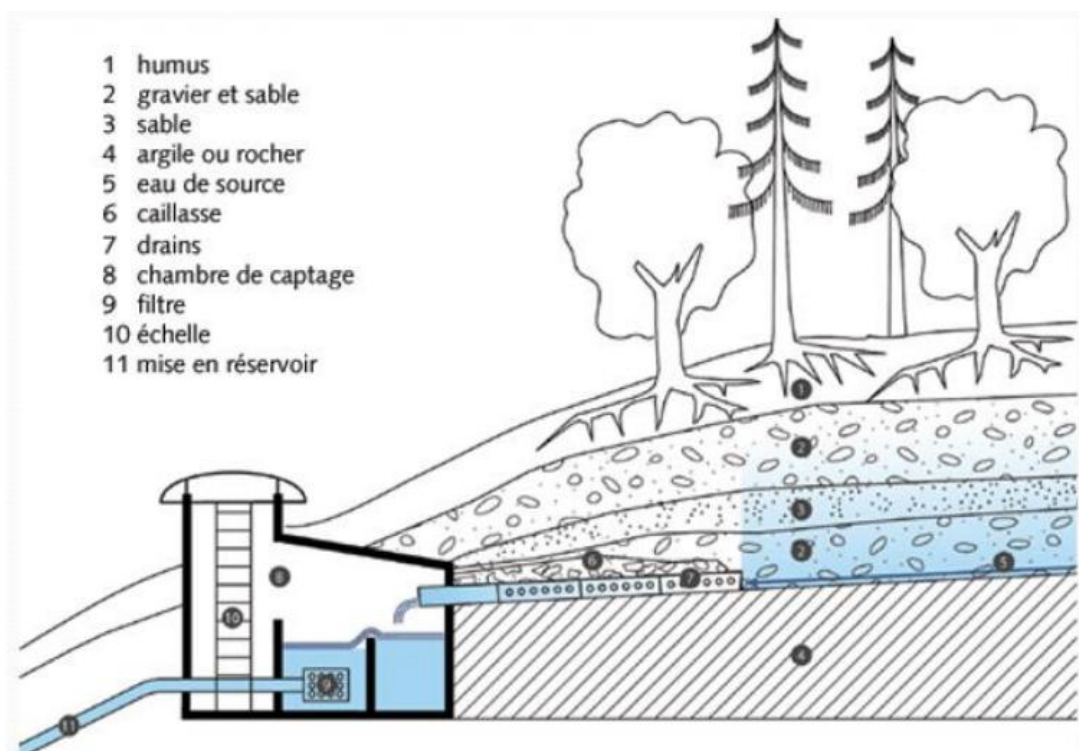


Figure I-2 : Captage direct de l'eau à partir d'une source

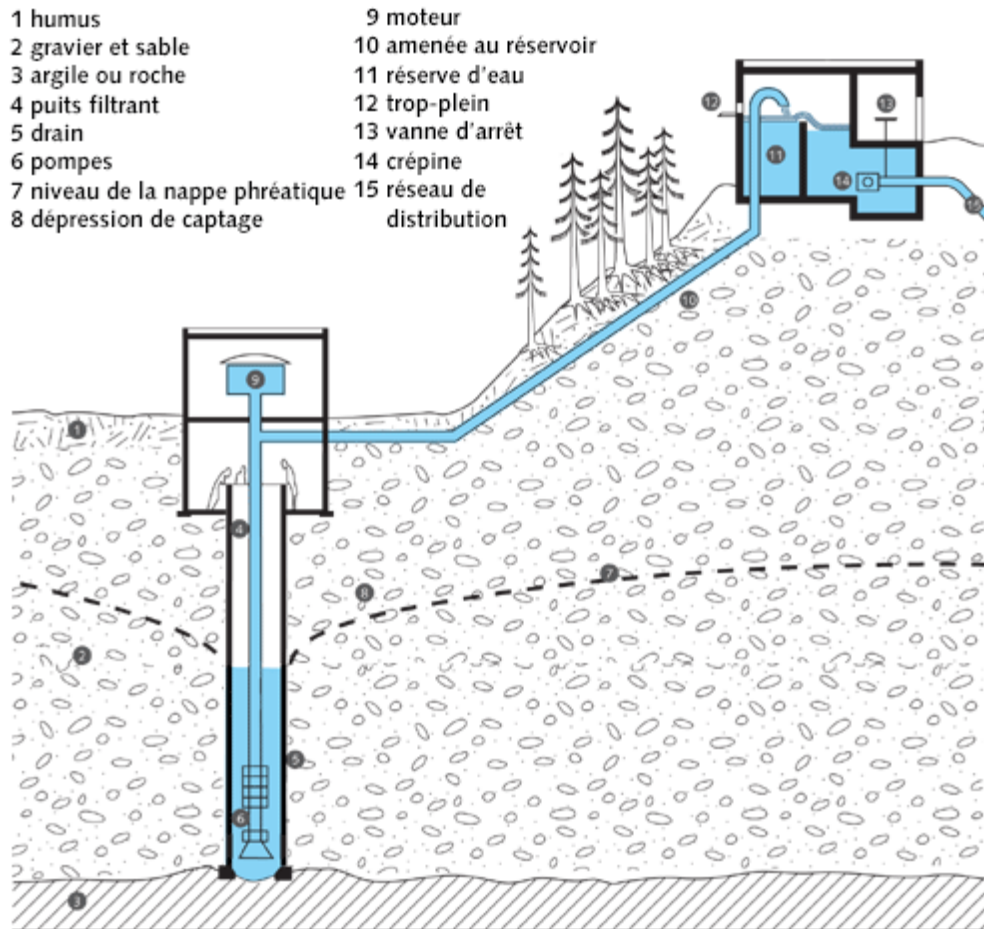


Figure I-3 : Captage direct de l'eau par un forage .

I-3-1-2- Captage des eaux de surface :

L'eau destinée à être traitée puis distribuée dans les réseaux publics peut être prélevée par prise d'eau dans les rivières, dans des retenues d'eau, ou dans des lacs (figure I-4).



Figure I-4: Prise au milieu d'une rivière

Lorsque la source d'eau est une rivière, la prise d'eau ne doit qu'après avoir une connaissance du maximum d'information relative aux régimes d'écoulement des eaux et aux débits.

Une prise d'eau de surface représente une structure qui permet de capter l'eau naturelle (**l'eau brute**) du lac ou rivière dans laquelle on a émergée le dispositif de captage (pompe de captage). On doit :

- L'installer là où l'eau brute est de la meilleure qualité possible.
- Eviter de la placer en aval d'un émissaire d'égout, même si celui-ci déverse l'effluent d'une station d'épuration.

La prise d'eau peut être effectuée soit :

- Dans le fond du lit (**figure I-5**), après dragage et remplissage avec de gros graviers autour de la crépine d'aspiration.

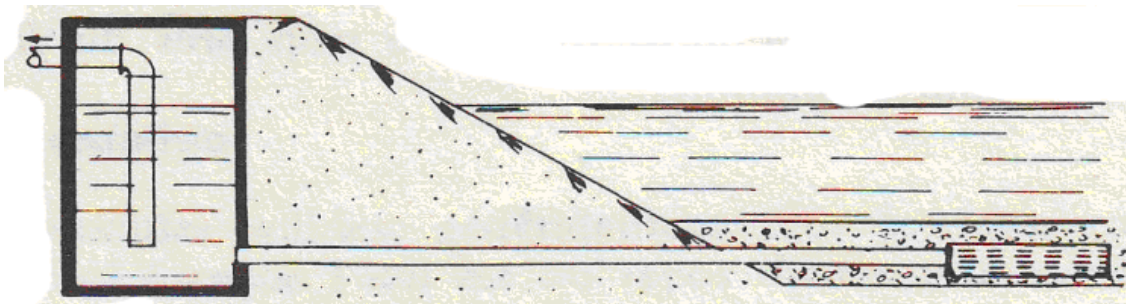


Figure I-5: Prise dans le fond du lit d'une rivière

- Sur la berge (**figure I-6**), à une profondeur convenable, dans le but d'éviter d'une part, l'influence de la sédimentation du fond du lit, et d'autre part, la présence éventuelle d'hydrocarbures ou de mousses à la surface de l'eau.

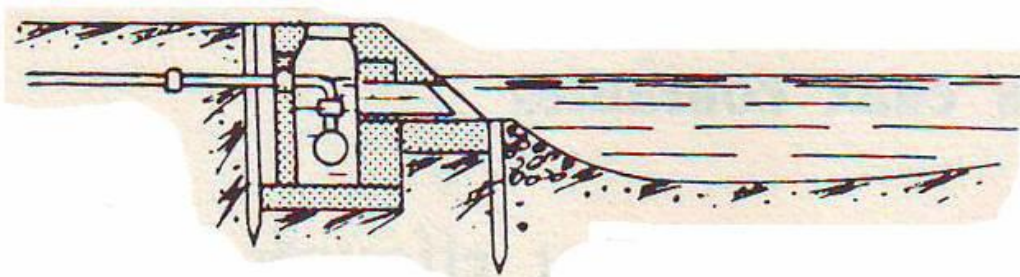


Figure I-6: Prise sur berge

Les débits des cours d'eau – y compris les débits de crue (débit maximum) et, surtout les débits d'étiage (débits minimaux) qui permettent d'évaluer si la quantité d'eau dont on dispose est suffisante, il faut en outre connaître les niveaux de l'eau correspondant aux divers débits d'un cours d'eau afin de déterminer à quel niveau installer la prise d'eau.

I-3-2- Traitement des eaux :

Selon la qualité de la source d'approvisionnement en eau, on peut devoir soumettre l'eau à un traitement plus ou moins élaboré. Par exemple, dans le cas d'une eau souterraine de bonne qualité, une désinfection seule peut produire une eau de consommation qui satisfait aux normes en vigueur ; en revanche, une eau de lac ou rivière exige habituellement un traitement plus complet : coagulation- floculation, décantation, filtration et désinfection, par exemple.

I-3-2-1- Le prétraitement :

Il consiste à faire un **dégrillage** et un **dessablage** afin d'éliminer les particules de grosse taille, le sable.... Ensuite l'eau passe dans un bassin de sédimentation afin que les particules supérieures à **1 micron** de diamètre se décantent naturellement.

I-3-2-2- Le traitement de clarification :

Il consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspension organiques et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elles se décantent au fond du bassin de décantation où elles sont régulièrement extraites. Par contre, l'eau surnageant est filtrée soit sur sable (afin d'éliminer les fines particules en suspension qui restent), soit sur charbon actif (afin d'éliminer en plus les couleurs et odeurs dues à la matière organique). Nous noterons qu'il existe d'autres procédés de décantation tels que la flottation .

I-3-2-3- Le traitement bactéricide et virulicide :

Cette étape est aussi appelée **affinage** car c'est la phase d'inactivation et éventuellement de destruction des bactéries et des virus grâce à l'action d'oxydants variés. Les oxydants les plus utilisés sont le **chlore**, l'**Ozone**, les **rayons U.V.**

Afin d'éliminer les maladies et assurer la satisfaction de l'utilisateur, le traitement de clarification doit nous fournir une eau inodore, insipide, incolore, et présenter toutes les garanties sur le plan physico-chimique et microbiologique.

I-3-3- L'adduction :

L'adduction d'eau regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source à travers un réseau de conduites vers les lieux de consommation.

D'après leur fonctionnement, les adductions peuvent être classées en trois groupes :

✓ **Adduction gravitaire** : L'écoulement de l'eau est causé par la différence des niveaux hydrauliques : l'altitude de la source est supérieure à celle du point de consommation, et se déplace donc grâce à la force de gravité d'où son nom .

✓ **Adduction par refoulement** : Quand la source se trouve à un niveau bas par rapport au point d'arrivée, l'acheminement de l'eau d'un point à l'autre se fait à l'aide de pompes .

✓ **Adduction mixte** : C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduites est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon .

Le choix de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on se forcera dans la mesure du possible de respecter

- Le tracé doit être le plus court possible ;
- Aux points hauts du tracé, peuvent se conformés des contentements d'air difficile à évacuer où des ventouses seront exigés ainsi apparait la nécessité d'éviter autant que possible les contres pentes ;
- Eviter les profils horizontaux, qui peuvent perturber le régime d'écoulement ;
- Il serait préférable de suivre les accotements des routes, pour faciliter les travaux ainsi que l'acheminement des matériaux.

I-3-4- Accumulation (stockage) :

La conduite d'adduction débouche dans le réservoir d'eau brute (habituellement par une des faces latérales de celui-ci et non par le fond), où les eaux brutes sont tamisées avant d'être pompées et acheminées vers la station de purification. Le réservoir d'eau brute est à la fois un réservoir en tant qu'un bassin de régularisation qui alimente en eau, et ce à un débit constant, la station de purification, par l'intermédiaire des pompes à basse pression.

Les réservoirs constituent les organes régulateurs de pression et de débit entre le régime de production et le régime de consommation.

Ils permettent d'emmagasiner l'eau lorsque la consommation est inférieure à la production, et la restituent lorsque la consommation devient supérieure à la production.

En milieu rural ou pour des villes de petite importance, avec une installation correctement conçue, la capacité du ou des réservoirs oscille aux alentours du volume moyen journalier d'eau consommée.

Les réservoirs permettent, outre une régularité de fonctionnement des groupes de pompage, de profiter au maximum du tarif de nuit en énergie électrique.

Les réservoirs, à partir d'une certaine capacité, comportent deux compartiments pour les facilités du nettoyage (minimum une fois par an) et des réparations.

Dans le cas où une agglomération s'étend dans une direction donnée, un réservoir unique et de hauteur convenable peut devenir insuffisant pour assurer une pression correcte en tout point du réseau et à tout moment .

I-3-4-1- Fonction générale des réservoirs :

Un réseau de distribution est un système complexe dont l'exploitation ne peut fournir à la population tous les services qu'elle en attend que grâce à l'entreposage d'eau traitée dans des réservoirs, où on puise l'eau selon les besoins (variation de la consommation au cours de la journée et extinction des incendies) ou selon les problèmes d'exploitation (bris de conduite principale, entretien de la station de traitement, etc.).

Les principales fonctions assurées par les réservoirs sont les suivantes :

- Régulation des débits

- Sécurité d'approvisionnement
- Régulation de la pression
- Simplification de l'exploitation
- Réacteur participant au traitement
- Réduction des dépenses d'énergie .

I-3-4-2- Emplacement des réservoirs :

Pour des multiples raisons, il y a tout intérêt, au strict point de vue de la distribution, à ce que le réservoir se situe en général au sommet géographique (permet une alimentation graviter) et près que possible de l'agglomération à desservir. En fin plusieurs considérations interviennent dans le choix et notamment les questions foncières, l'aspect économique, les conditions topographique et d'inscription dans le site.

L'altitude du réservoir, plus précisément, l'altitude de radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haute cote piézométrique à desservir. La topographie intervient dans le choix de l'implantations, de même que la géologie. Il ne faut pas oublier les extensions futures .

I-3-5- La distribution :

Elle désigne toute la partie se situant après le réservoir. A partir du ou des réservoirs, l'eau est distribuée dans un réseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piqués en vue de l'alimentation des abonnés.

Les canalisations devront en conséquence présenter un diamètre suffisant, de façon à assurer le débit maximal avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles .

I-3-5-1- Système de distribution :

Le réseau de distribution de l'eau potable est une infrastructure important qui permet de distribuer l'eau en quantité suffisante pour satisfaire aux besoins actuels est à venir des usagers.

Ce réseau est un ensemble de conduites interconnectées en fonctionnement sous pression. Il faut donc une alimentation de ce réseau qui permette de fournir le débit de consommation

variable avec une pression de service au sol approprié. La distribution dans les réseaux se fait de différentes manières :

- Par gravité.
- A l'aide d'un ou plusieurs postes de surpression couplée à un ou plusieurs réservoirs.
- A l'aide de postes de surpression seulement.

I-3-5-2- Système d'approvisionnement en eau par gravité :

L'approvisionnement en eau d'un réseau de distribution par gravité s'effectue à partir d'un réservoir surélevé ou situé à une altitude supérieure à celle de l'agglomération à desservir. Un tel système est bien sur idéal, puisque il n'y a aucune dépense d'énergie.

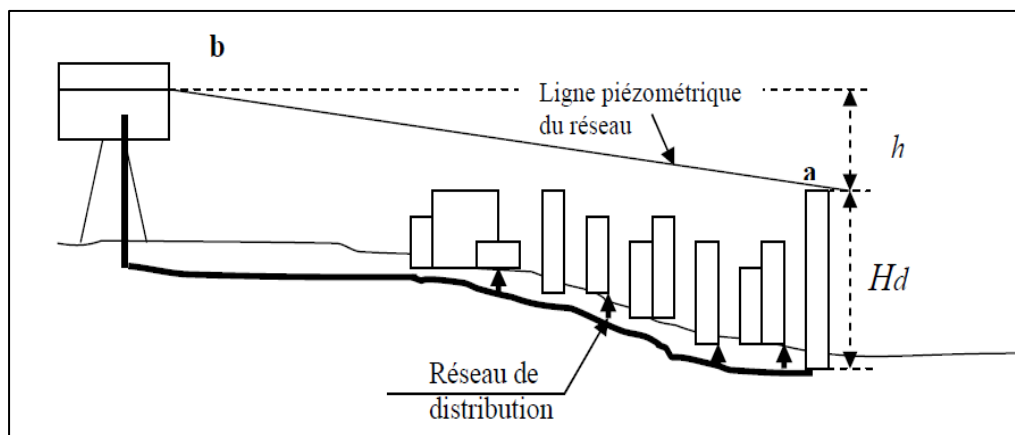


Figure I-7: Alimentation du réseau de distribution par gravité à partir d'un réservoir

H_a : est la pression nécessaire dans le point le plus éloigné du réseau.

La position de la ligne piézométrique varie en fonction du niveau de l'eau dans le réservoir et du débit de consommation.

I-3-5-3- Systèmes avec les stations de pompage couplées à des réservoirs :

Souvent les points les plus élevés de l'agglomération desservie se trouvent éloignés des stations de pompage. En installant le réservoir sur les points élevés, on a le système où le réservoir et la station de pompage se trouvent aux extrémités opposées du réseau de distribution (**figure I-8**).

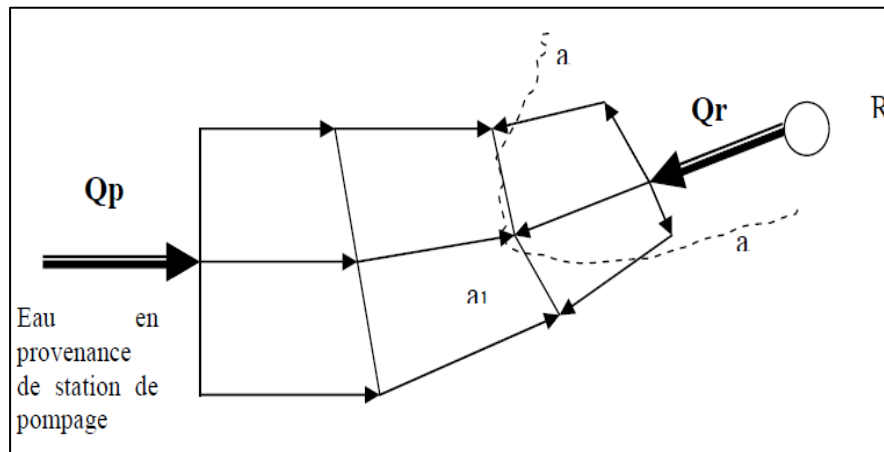


Figure I-8: Station de pompage couplée à un réservoir

Dans ce système, pendant les heures de pointe, le débit de consommation est supérieur à celui refoulé par la station de pompage. Cette différence sera comblée par le réservoir, dans ce cas le réseau serait alimenté par la station de pompage et par le réservoir et avec deux zones d'alimentation limitées par la ligne aa_1a .

I-2-3- Système avec postes de surpression seulement:

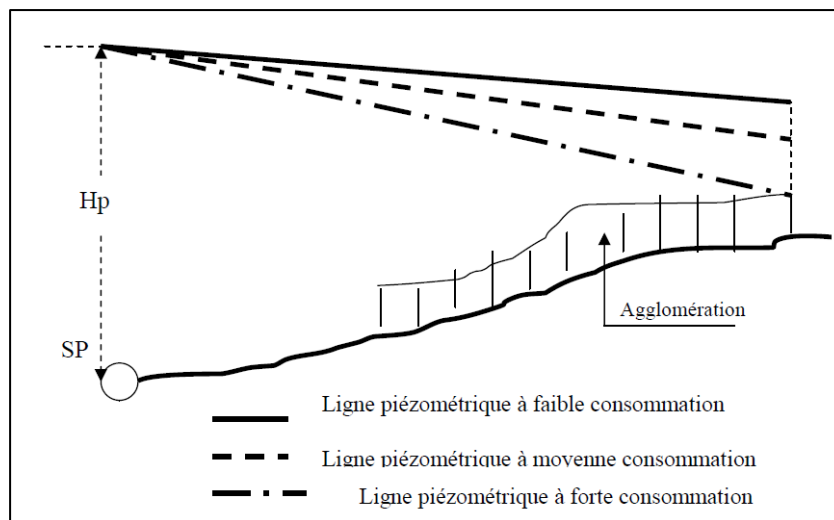


Figure I-9: Système avec postes de surpression

Dans ces systèmes, pour satisfaire une demande en eau qui peut être fort variable, on conçoit les postes de surpression de façon à ce qu'ils fonctionnent avec beaucoup de souplesse :

- Plusieurs pompes de capacité diverses.
- Pompes à vitesses variables.

De tels systèmes présentent les inconvénients suivants :

- Il faut prévoir plusieurs postes de surpression, dont les coûts de construction et d'exploitation sont élevés.
- Aucune réserve ne permet d'assurer l'approvisionnement en eau.
- De fortes variations de la pression peuvent survenir si le nombre de postes de surpression est limité.

I-3-5-1- Types des réseaux de distribution :

On distingue plusieurs types de réseaux, à savoir : les réseaux ramifiés, maillés, étagés et les réseaux à alimentation distinctes. Leur classification se fait en se basant sur la topographie du terrain (terrain accidenté, différence d'altitude importante) et l'occupation du sol. Ces réseaux peuvent être alimentés à partir d'un ou plusieurs réservoirs .

✓ **Réseau ramifié :**

On les appelle grâce à leur structure arborisante (**figure I-10**), sont fréquemment utilisés dans les petites agglomérations rurales.

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

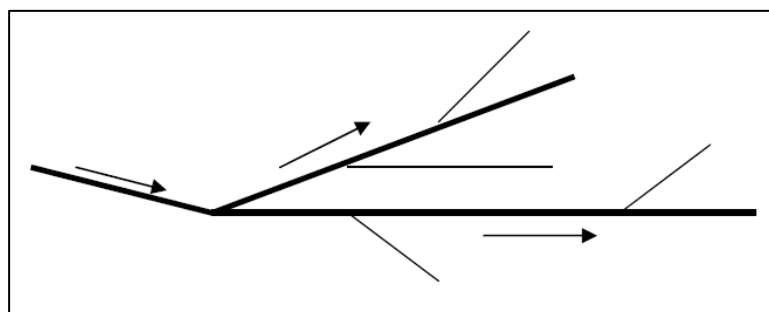


Figure I-10 : Réseau ramifié

✓ **Les réseaux maillés :**

Pour la distribution en eau des agglomérations de moyenne et de grande importance, ils présentent une solution plus adéquate grâce à leur sécurité et leur souplesse d'utilisation.

Ils sont utilisés en général dans les zones urbaines, et tend à se généraliser dans les agglomérations rurales sous forme associée aux réseaux ramifiés (limitation de nombres de mailles en conservant certaines ramifications).

Les réseaux maillés sont constitués principalement d'une série de canalisation (**figure I-11**) disposée de telle manière qu'il soit possible de décrire des boucles fermées ou maillées

Le réseau maillé permet, au contraire de 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

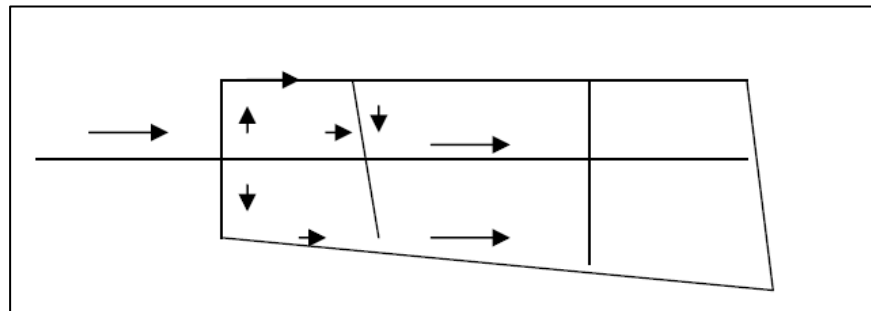


Figure I-11 : Réseau maillé

✓ Comparaison entre réseau maille et ramifier :

	Réseau ramifié	Réseau maille
Avantages	Plus simple et plus économique	Il y a plusieurs trajets possibles entre le réservoir et le point d'alimentation. La sécurité d'approvisionnement est beaucoup plus grande puisque les consommateurs aval peuvent être alimentés
Inconvénients	Il y a un seul trajet possible entre le réservoir et le point d'alimentation. Privation d'eau de tous les consommateurs en cas d'incident.	Plus couteux, plus complexe

Aspect	Ramifié	Maille
Pertes de charge	Élevées	Faible
Ecoulement	Risque de zones mortes aux extrémités	Satisfaisant
Réparations	Risque de mise hors service d'une zone importante suivant le point d'intervention	Risque plus faible de mise hors service d'une zone importante suivant le point d'intervention
Frais de pompage	Élevées	Faible
Frais de mis en place	Faible	Élevées

Tableau I -1 : Comparaison entre réseau maille et ramifier

✓ **Réseau étagé :**

Avec le réseau étagé, il est possible, de constituer des réseaux indépendants avec une pression limitée aux environs de 40 mètres d'eau.

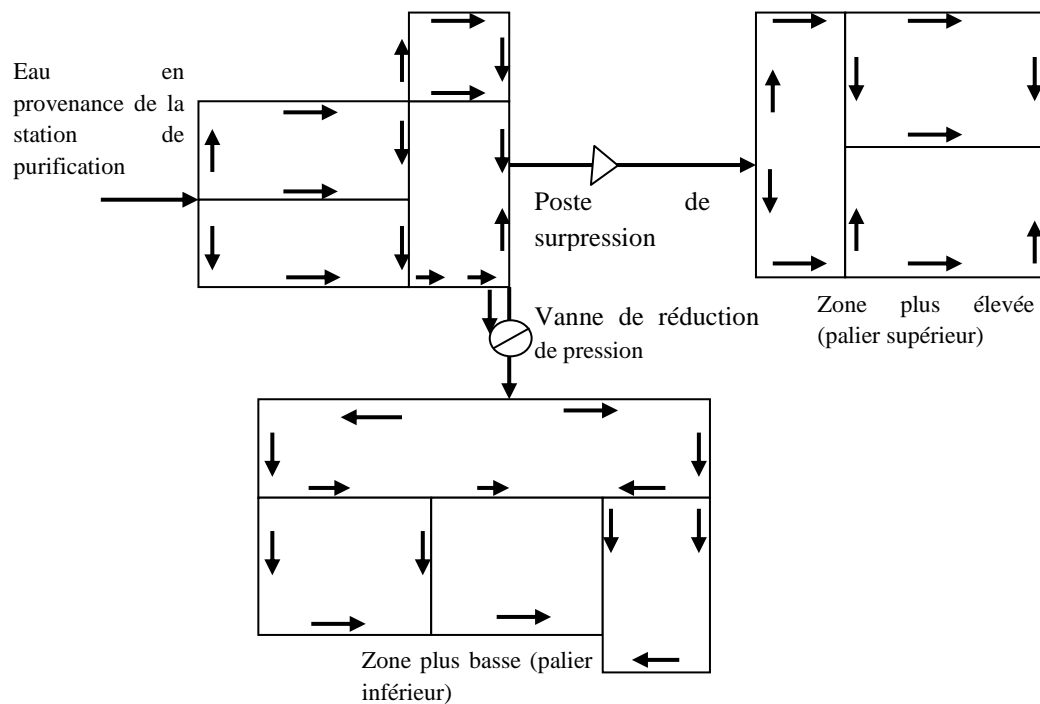


Figure I-12 : Réseau étagé

✓ **Réseau à alimentations distinctes :**

Les réseaux à alimentations distinctes distribuent, l'un, l'eau potable destinée à tous les besoins domestiques, et l'autre, l'eau non potable réservée aux usages industriels et aux lavages et arrosage des rues et plantations. Ces réseaux ne se justifient que dans les installations extrêmement importantes. A notre connaissance, seul Paris, dispose d'un réseau à double alimentation

I-3-5-2- Description du réseau de distribution :

Un réseau de distribution d'eau comporte divers types de conduites, qu'on classe selon leur fonction et en pratique, selon leur diamètre :

a)- Les conduites :

Les conduites permettent l'acheminement l'eau d'un point à un autre point du réseau.

✓ Conduites principale en adduction :

Les conduites principales relient la station de traitement ou les postes de pompage ou le réservoir aux divers quartiers de la ville.

✓ Conduites secondaires :

Les conduites secondaires raccordées aux conduites principales, avec lesquelles elle forment des réseaux maillés, on peut effectuer les branchements aux maisons sur ces conduites.

✓ Conduites locales :

Les conduites locales sont les plus petites des conduites d'un réseau. Leur diamètre ne peut être inférieur à **150 mm** si on veut assurer la protection contre les incendies. Les conduites locales ne desservent que quelques rues.

b)- Les pompes :

Une pompe est un dispositif permettant de fournir de l'énergie au liquide. Le fonctionnement de la pompe est relié généralement à un réservoir. Le démarrage et l'arrêt de la pompe sont fonction du niveau du réservoir ou de plages horaires spécifiques. Une pompe peut être caractérisée soit par une puissance constante (énergie), fournie à l'eau au cours du temps indépendamment du débit et de la hauteur de refoulement, ou par une courbe caractéristique qui décrit la relation entre la hauteur de refoulement et le débit fournie à l'aide d'une fonction $H=f(Q)$. La pompe devra compenser les dissipations d'énergie dans les conduites tant d'aspiration que de refoulement ; dénommées *pertes de charge* elles sont couramment évaluées en hauteur d'eau exprimée en mètre.

c)- Les vannes :

Certaines conduites de longueur fictive comporte des vannes qui permettent de limiter la pression ou le débit en des points précis du réseau. Les vannes sont caractérisées par :

- les nœuds d'entrée et de sortie ;
- le diamètre ;
- le diamètre de la consigne de fonctionnement et l'état de la vanne ;
- coefficient de perte de charge singulière.

Une vanne peut être ouverte ou fermée, le fonctionnement de la vanne est fonction de consignes relatives à un nœud indexé généralement en rapport avec la pression.

d)- Les nœuds :

Les nœuds représentent des points de jonction entre les conduites. Ils correspondent à des points d'entrée ou de sortie d'eau. Il existe deux catégories de nœuds :

✓ **Les nœuds à débit fixe :**

Ces nœuds se caractérisent par une cote au sol connue et un débit connu (demande), l'inconnue est la pression au nœud qui doit être calculée. Ils correspondent à des points de consommation dans le réseau. Ces nœuds peuvent décrire la consommation d'un ou de plusieurs abonnés de même type. Nous distinguons entre les abonnés selon le type de consommation : domestique, industrielle, administration. La consommation au nœud exprimée par la demande peut être constante ou variable.

✓ **Les nœuds à charge fixe :**

Ce sont des nœuds où la charge est fixée ou dont la cote piézométrique de l'eau est connue. Il peut s'agir d'un réservoir dont le niveau d'eau varie en fonction du temps au sol ou sur tour, d'un poteau à incendie ou d'une bache de pompage dont le niveau reste inchangé. Pour ces nœuds le débit doit être calculé. Selon la nature des abonnés, la demande est décrite par une courbe de consommation.

e)- Poteaux d'incendie :

Leur diamètre est normalisé à **100** ou **125 mm**. Ils doivent être alimentés par des conduites de même diamètre qui doit assurer un débit minimal de **17 L/s** sous **1 bar** ; la disposition du réseau (réserve d'incendie) doit permettre aux pompiers de disposer de 120 m^3 .

Quand ils ne sont pas en service, les poteaux d'incendie sont mis hors gel par vidange de leur corps, commandée par la fermeture de leur vanne. Ils peuvent, dans certains cas, prendre la forme d'une bouche d'incendie et/ou de lavage.

f)- Ventouses :

Une accumulation d'air peut se faire aux points hauts d'une conduite. La poche d'air provoque des perturbations qu'il s'agit d'éviter : diminution de la section, arrêt complet des débits, diminution de la pression, coups de bélier.

L'évacuation de l'air se fait par l'intermédiaire d'une ventouse qui peut être manuelle ou automatique

Une ventouse manuelle est un simple robinet que l'on manœuvre périodiquement.

Les ventouses automatiques sont des pièces évacuant l'air dès qu'il se forme une poche notable.

Toutes ces ventouses sont disposées dans des regards visitables et leur bon fonctionnement doit être vérifié périodiquement.

Ces ventouses automatiques, en dehors de la suppression des poches d'air en fonctionnement normal, permettent également l'évacuation de l'air lors de la mise en eau de la canalisation et, réciproquement, l'admission de l'air lors de la vidange provoquée de la canalisation, ce qui permet d'éviter la mise en dépression de cette dernière.

I-4- Gestion des réseaux :

La gestion d'un réseau d'AEP a pour principale mission d'assurer les fonctions de production, stockage et distribution. La gestion classique des réseaux présente beaucoup d'inconvénients.

Les supports cartographiques sur lesquels sont portés les objets représentant les réseaux sont difficilement manipulables . Cette gestion est également très limitée, les informations caractérisant les réseaux représentés sont portées sur le support en même temps que les objets graphiques eux-mêmes. Ceci peut provoquer une surcharge du support pouvant rendre illisibles certaines informations .

Cette gestion présente les problèmes suivants:

- L'archivage des documents cartographiques et les fiches techniques du réseau.
- La perte de temps pour la recherche d'une information bien déterminée.
- La difficulté de la mise à jour.
- La facilité de perdre des informations à cause de la mémorisation et l'archivage.

I-5- Modélisation des réseaux d'AEP :

La modélisation constitue une démarche d'investigation non destructive qui lorsqu'elle est menée dans de bonnes conditions, permet :

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

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit d'une manière générale un réseau d'alimentation en eau potable et un ensemble de notions permettant de comprendre le fonctionnement du réseau

L'eau étant captée, pompée ; traitée ; stockée et distribuée ; le coût sera très élevé ; il faut bien la protéger et la prendre comme une richesse nationale ; qui a une grande importance sur l'avenir.

Chapitre II : Présentation des méthodes de calcul d'un réseau d'AEP

II-1- Introduction :

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 qui doit être comprise entre **10 m.c.e** et **40 m.c.e** pour dire que le calcul est acceptable ou non. Ce calcul ne peut se faire qu'après avoir évalué les différents débits susceptibles d'être évacués par chaque tronçon et cela après avoir estimé les différents besoins en eau de l'agglomération urbaine (population, industrie, équipements, etc....).

Un réseau maillé est constitué d'une série de tronçons disposés de telle manière qu'il soit possible de décrire une ou plusieurs boucles fermées en suivant son tracé : une telle boucle s'appelle une « **maille** ». Ce système qui présente de nombreux avantages par rapport au réseau ramifié s'adapte très bien au plan des agglomérations urbaines.

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.

Dans ce chapitre on va présenter les méthodes de calcul d'un réseau de distribution d'eau potable utilisées dans notre cas d'études qui sont : la méthode de Hardy cross, le logiciel de simulation EPANET, et Watercad.

II-2- La méthode de 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.

La méthode de **Hardy - Cross** a été proposée en **1936** par le Professeur **Hardy-cross** de l'Université *d'Illinois(USA)*. C'est la méthode la plus utilisée et que nous allons la développer plus en détail; elle est basée sur deux principes:

- Principe d'équilibre des nœuds.
- Principe d'équilibre des pertes de charges (pdc) en chaque maille.

II-2-1- Hypothèses de calcul par la méthode de Hardy – Cross :

-Les consommations d'eau sont concentrées en des points déterminés (nœuds de préférence). S'il y a un service en route, on considèrera le débit total du tronçon à son extrémité.

- Les points d'injection ou de prélèvement de débit sont connus (pas d'apport ou de fuite inconnus).

- On se fixe initialement et arbitrairement les diamètres des conduites (par expérience, compte tenu des vitesses admises généralement).

Le résultat du calcul se traduit alors par la connaissance des pressions à chaque nœud et des débits dans chaque branche et ceci pour le choix des diamètres définis initialement. Si ces valeurs de pression et de débit sont incompatibles avec les valeurs à assurer, On corrige les diamètres des tronçons incriminés et on recommence le calcul.

II-2-2- Principe de calcul d'un réseau maillé par la méthode de Hardy-Cross :

II-2-2-1- Loi des nœuds :

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

- **Equilibre des nœuds :**

Compte tenu des saignées (consommation) à chaque nœud et des estimations des débits initiaux $Q_{0,i}$ dans chaque conduite avec vérification que la loi des nœuds est satisfaite, on fait une répartition arbitraire des débits pour pouvoir déterminer les diamètres et les débits dans chaque tronçon.

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

$$\sum \Delta H_t = \sum r Q_i^2 = 0 \dots \dots \dots \text{(II-4)}$$

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:

$$Q = Q' + \Delta q \dots \dots \dots \text{(II-5)}$$

Δq étant exprimé en valeur algébrique.

L'application de la formule (II-4) donne alors :

$$\sum \Delta H_t = \sum r Q_i^2 = \sum (Q' + \Delta q)^2 = 0 \dots \dots \dots \text{(II-6)}$$

Or Δq est supposé petit par rapport à Q' , donc on peut dans le développement de la formule (II-6), négliger les infiniment petits et on a :

$$\Delta q = \frac{\sum \Delta H}{2 \sum \frac{\Delta H}{Q}} \dots \dots \dots \text{(II-7)}$$

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 (*Faast, Loop, Epanet, WaterCad, Porteau*) et

sont basés sur cette méthode, dans ces programmes la connaissance du coefficient de **William-Hazen** est indispensable.

II-2-2-3- Calcul du diamètre :

Dans le cas d'un écoulement gravitaire le diamètre est déduit de l'équation :

$$Q = V \times S \dots\dots\dots (II-8)$$

En respectant la gamme des vitesses (**0.5 ÷ 1.5 m/s**).

$$S = \frac{Q}{V} \rightarrow S = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} \dots\dots\dots (II-9)$$

S : Surface (**m²**).

Q : débit de tronçon (**m³/s**).

V : vitesse de dimensionnement (**m/s**).

D : Les diamètres nominal (mm) : 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 200, 250, 315,400...

II-2-2-4- Calcul des pertes de charge totales :

On distingue deux types de pertes de charges dans un réseau de distribution.

Les pertes de charges **linéaires** ou **régulières** et les pertes de charges **singulières** ou **locales**.

$$h_t = h_l + h_s \dots\dots\dots (II-10)$$

- Pertes de charge linéaires h_l:

$$h_l = R \times Q^n \dots\dots\dots (II-11)$$

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 :

a)- **Formule de Hazen-Williams:**

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

$$R = \left(\frac{1}{C_{H-W} \beta} \right)^{1.85} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \quad n = 1.85 \dots\dots\dots (II-12)$$

L: longueur du tuyau, en **m**.

d: diamètre du tuyau, en **m**.

β: est le coefficient d'unités (**β = 0,2785** (S.I.), **β = 0,4322** (S.A.)).

C: coefficient de rugosité de **Hazen-Williams**.

Le coefficient d'écoulement de **Hazen-Williams** est directement proportionnel au débit et dépend de la rugosité de la conduite, qui peut varier avec l'âge de cette dernière, en voici quelques exemples types :

Tableau II-1: Coefficients de rugosité pour les tuyaux

Matériel	C_{H-W}
Acier neuf	120
Béton	130
Plastique	150
Céramique	110
Ciment d'amiante	140

b)- Formule de Darcy-Weisbach :

La perte de charge et l'écoulement peuvent aussi se calculer de façon plus précise avec la formule de **Darcy-Weisbach** dans laquelle, contrairement à la formule précédente, le coefficient de frottement varie en fonction du régime hydraulique caractérisé par le nombre de Reynolds :

$$h = \frac{\lambda L V^2}{D \cdot 2g} \dots\dots\dots (\text{II-13})$$

Ou encore, pour les conduites circulaires :

$$h_1 = \frac{8 \lambda L Q^2}{g \pi^2 D^5} \dots\dots\dots (\text{II-14})$$

h₁ : perte de charge linéaire.

L : longueur du tronçon (**m**).

Q : débit de tronçon (**l/s**).

g : pesanteur = 9.81 **m/s²**.

D : diamètre nominal (**m**).

λ : facteur de frottement peut être déterminé sur le diagramme de **Moody** ou encore par les formules suivante :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7.D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{La formule de Colebrook}).$$

$$\lambda = \left(1.14 - 0.86 \ln \frac{\varepsilon}{D} \right) \quad (\text{La formule de Nikuradzé}).$$

ε : La rugosité absolue est déterminée en mesurant l'épaisseur de rugosité des parois du tuyau, en voici quelques exemples types :

Tableau II-2 : facteur de frottement pour les tuyaux

Matériau	ε
Fonte revêtue	0.25
béton	0.3 – 3
Plastic (PVC, PEHD)	0.0015
Acier	0.03
Céramique	0.3

R_e : nombre de Reynolds. Est calculé comme suit:

$$R_e = \frac{V \cdot D}{\vartheta} \dots\dots\dots (II-15)$$

ϑ : viscosité cinématique de l'eau, donnée par la formule de **STOCKS**.

$$\vartheta = \frac{0.0178}{(1+0.0337.t+0.000221.t^2)} \dots\dots\dots (II-16)$$

t: température de l'eau en degré : A $t= 20^\circ\text{c}$: $\vartheta = 0.01$, **Stocks** = $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

- **Pertes de charge singulières h_s** :

Elles sont générées par les singularités telles que les coudes, vannes, clapets, Branchements, diaphragmes ...etc. et pour les conduites de distribution d'eau, les pertes sont estimées de **10% à 15%** des pertes de charge linaires

II-2-2-5- **Equilibre des mailles** :

- Calcul de la somme algébrique des pertes de charge des conduites de chaque maille :
 $\sum h_i$
- Calcul de la valeur $\sum \frac{h_i}{Q}$ pour chaque maille, on ne tenant pas compte des signes algébriques, car h_i et $Q_{0,i}$ ont le même signe .

II-2-2-6- **Correction des débits** :

Calcul de la correction ΔQ pour chaque maille à l'aide de la relation suivante :

$$\Delta Q = \frac{\sum h_i}{-n \sum \frac{h_i}{Q}} \dots\dots\dots (II-17)$$

$n = 2$ pour **Darcy-Weisbach**

$n = 1.85$ pour **Hazen-Williams**

II-2-2-7- Correction algébrique des débits des conduites de maille :

La correction algébrique des débits des conduites de chaque maille se fait par la relation suivante :

$$Q_i = Q_{0,i} + \Delta Q \dots \dots \dots \text{(II-18)}$$

II-2-2-8- Correction du débit initial d'une conduite adjacente:

Une conduite adjacente est une conduite commune à deux ou plusieurs mailles. Pour corriger son débit lors des itérations, il faut tenir compte des débits de correction de chacune de ces mailles. Soit une conduite adjacente à la maille **I** et **II**, sa valeur algébrique est positive pour la **II^{ème}** maille et elle est négative pour la **I^{ère}** maille.

On répète les mêmes étapes jusqu'à l'obtention de la précision souhaitée :

$$\Delta Q = 0.00 \text{ et } \sum h_i = 0.00.$$

II-3- La méthode Epanet :

II-3-1- Définition :

EPANET 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** calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

Le logiciel **Epanet** est né suite à une initiative du Congrès des Etats unis qui visait à protéger les ressources naturelles du pays.

Dès lors, l'EPA (US Environmental Protection Agency) a été chargée de développer des techniques permettant de mieux appréhender les écoulements et les transformations de l'eau dans un réseau d'adduction d'eau potable.

II-3-2- Objectif :

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

- utilisation en alternance des différentes ressources du système,
- modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- préciser l'usage des stations de recoloration (ou autres retraitements) en réseau,
- planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

II-3-3- Potentialités du logiciel « Epanet » :

Le logiciel **Epanet** permet de calculer le débit parcourant chaque tuyau, la pression à chacun des nœuds mais également le niveau de l'eau à n'importe quel moment de la journée et quelle que soit la période de l'année où on se situe. Le moteur de calcul hydraulique intégré permet de traiter des réseaux de taille illimitée. Il dispose de plusieurs formules de calcul de pertes de charges, il inclut les différentes pertes de charge singulières et modélise les pompes à vitesse fixe et variable.

En résumé, le logiciel présente tous les outils pour remplir les objectifs suivants :

- Régulation des pressions dans le réseau ;
- Détection des zones de fonctionnement déficitaire ;
- Dimensionnement de réseaux ;
- Amélioration de la gestion des équipements d'eau.

Le logiciel présente également un module qualité qui permet de calculer les concentrations en substances chimiques, les temps de séjour de l'eau dans différentes parties du réseau. Il permet également de suivre l'origine de l'eau. L'utilisation de ce module qualité nécessite un calage hydraulique préalable.

II-3-4- Spécificités du logiciel « Epanet » :

Le logiciel possède les mêmes fonctionnalités et possibilités que les autres logiciels de modélisation des réseaux d'eau potable tels que **PORTEAU** ou **PICCOLO**. Il présente une convivialité au niveau de son interface qui permet de le rendre facilement accessible.

II-3-5- Caractéristiques principales du logiciel « Epanet » :

Le logiciel représente les caractéristiques suivantes :

- Logiciel gratuit ;
- Dimensionnement de réseaux ;
- Taille de réseau illimitée ;
- Choix de différentes formules de calcul des pertes de charge ;
- Régulation des pressions dans le réseau ;

- Modélisation de pompes à vitesse fixe ou variable ;
- Calcul de l'énergie consommée et coût ;
- Modélisation de différents types de vannes et clapets ;
- Géométrie des réservoirs aux formes variées possible ;
- Détection des zones de fonctionnement déficitaire ;
- Amélioration de la gestion des équipements du réseau .

II-3-6- Méthode de calcul d'Epanet :

La méthode utilisée par **Epanet** pour calculer les équations de perte de charge et de conservation de masse, qui caractérisent l'état hydraulique du réseau à un instant donné, peut être décrite par le nom « **approche hybride de nœud-circuit** » (En anglais: Hybridnode-Loopapproach). **Todini** et **Pilati (1987)** et plus tard **Salgado et al. (1988)** l'ont appelé la méthode du **gradient**. (Gradientméthode).

Des approches similaires ont été décrites par **Hamam** et **Brameller (1971)** (the "Hybridméthode") et par **Osiadacz (1987)** (the "newton Loop-Nodemethod").

La seule différence entre ces différentes méthodes est la manière dont les débits à travers les arcs sont mis à jour après que le logiciel a trouvé une nouvelle solution pour la charge aux nœuds. Comme l'approche de **Todini** est la plus simple, elle a été retenue pour être appliquée dans **Epanet**.

Supposons que nous ayons un réseau de tuyaux avec **N** nœuds de demande et **NF** nœuds à hauteur fixe (bâches et réservoirs). La relation entre le débit et la perte de charge dans un tuyau entre les nœuds **i** et **j** est donnée par la formule:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \dots\dots\dots (II-19)$$

Dans laquelle **H** est la charge au nœud, **h** la perte de charge, **r** le coefficient de résistance, **Q** le débit, **n** l'exposant du débit, et **m** le coefficient de pertes singulières. La valeur du

coefficient de résistance dépend de la formule de perte de charge par friction utilisée. La deuxième série d'équations à résoudre est celle de la conservation de la masse:

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \dots\dots\dots (II-20)$$

Pour $i = 1, \dots, N$

Dans laquelle D_i est la demande au nœud i . Par convention, le flux qui arrive dans un nœud est positif. Pour une série de charges piézométriques aux conditions aux limites, il faut chercher une solution pour toutes les charges H_i et tous les débits Q_{ij} qui répondent aux équations (II-19) et (II-20).

La méthode du Gradient commence par une estimation initiale des débits dans chaque tuyau, qui peut ou non répondre à l'équation de conservation de la masse. À chaque itération de la méthode, les nouvelles charges aux nœuds sont obtenues en résolvant l'équation matricielle suivante:

$$A H = F \dots\dots\dots (II-21)$$

Dans laquelle A est une matrice Jacobéenne ($N \times N$), H est un vecteur ($N \times 1$) représentant les charges inconnues aux nœuds et F un vecteur ($N \times 1$) contenant les termes du côté droit.

Les éléments diagonaux de la matrice Jacobéenne sont:

$$A_{ii} = \sum_j P_{ij} \dots\dots\dots (II-22)$$

Tandis que les éléments non-nuls, qui ne se trouvent pas sur la diagonale s'expriment de la manière suivante:

$$A_{ij} = -P_{ij} \dots\dots\dots (II-23)$$

Avec $p_{i j}$ l'inverse de la dérivée de la perte de charge dans l'arc entre les nœuds i et j , en respectant le débit. Pour les tuyaux :

$$P_{ij} = \frac{1}{nr|Q_{ij}|^{n-1} + 2m|Q_{ij}|} \dots\dots\dots (II-24)$$

Tous les termes du côté droit sont dus au déséquilibre de flux en un nœud et à un facteur de correction:

$$F_i = (\sum_j Q_{ij} - D_i) + \sum_j Y_{ij} + \sum_f P_{if} H_f \dots\dots\dots (II-25)$$

Le dernier terme de l'expression s'applique à tous les arcs qui relient le nœud **i** à un nœud de hauteur fixe **f**. Le facteur de correction **Y_{ij}** s'exprime ainsi:

$$y_{ij} = P_{ij} \left(r|Q_{ij}|^n + m|Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn}(Q_{ij}) \dots\dots\dots (II-26)$$

Pour les tuyaux, avec $\text{sgn}(x)$ égal à 1 si $x > 0$ et sinon à -1.

Après avoir trouvé les nouvelles charges en résolvant les équations (II-21), les nouveaux débits s'obtiennent en résolvant l'équation suivante:

$$Q_{ij} = Q_{ij} - \left(y_{ij} - P_{ij}(H_i - H_j) \right) \dots\dots\dots (II-27)$$

Si les débits Q_{ij} ne change plus alors la solution est atteinte, sinon on recommence les calculs avec les nouveaux débits obtenus par la relation (II-27)

II-3-7- Les Étapes de l'Utilisation d'Epanet :

La première étape consiste à créer un nouveau projet dans EPANET et de s'assurer que les options sélectionnées par défaut sont correctes. Pour commencer, démarrez **EPANET** ou s'il est déjà ouvert choisissez **Fichier >>Nouveau** (de la Barre de Menu) pour créer un nouveau projet.

Puis choisissez **Projet >>Par Défaut** pour ouvrir la boîte de dialogue représentée dans la (figure II-3). Nous emploierons cette boîte de dialogue pour qu'**Epanet** numérote automatiquement les nouveaux objets avec des nombres consécutifs à partir de 1 au fur et à mesure qu'ils sont ajoutés au réseau.

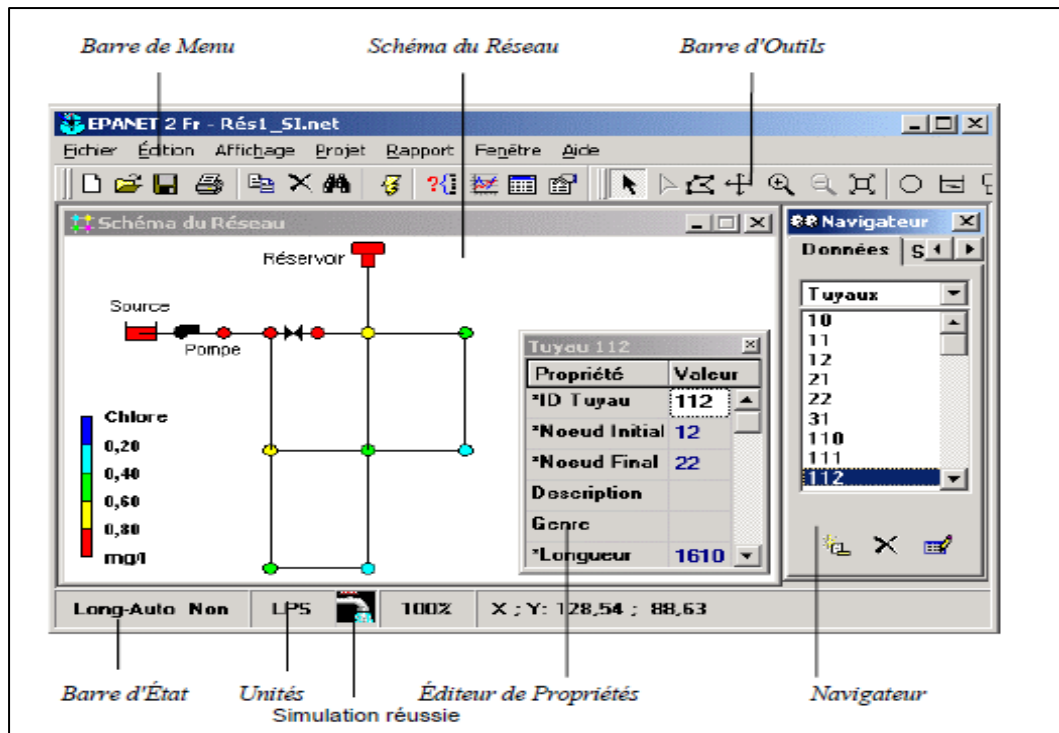


Figure II-2 : Présentation de l'écran

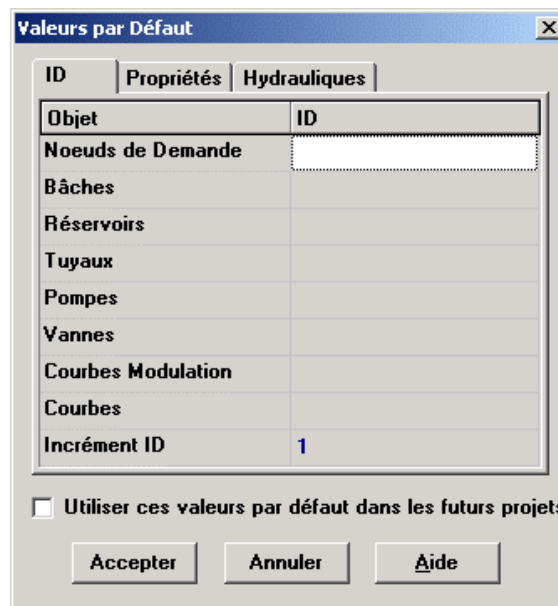


Figure II-3 : Présentation de l'écran

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

Ensuite, choisissez la rubrique Hydrauliques de la boîte de dialogue et sélectionnez comme Unités de Débit **LPS** (litres par seconde) (**Figure II-4**). Ceci implique dans ce cas que les

unités métriques **SI** seront utilisées pour toutes les autres quantités (longueurs en mètres, diamètres en millimètres, pressions en mètres, etc....).

Sélectionnez aussi la formule de perte de charge. Si vous désirez sauvegarder cette configuration pour les projets futurs, vous pouvez cocher la case Utiliser ces valeurs par défaut dans les futurs projets en bas de la rubrique avant de valider en cliquant sur **Accepter**.

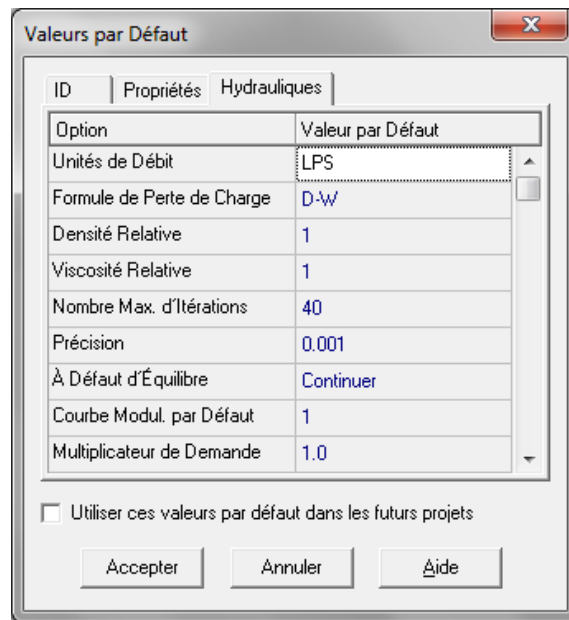


Figure II-4 : Paramètre de calcul

Ce choix d'unité de débit et de formule de perte de charge est réalisé par défaut dans la version française. Ensuite, nous choisirons les options d'affichage du schéma de sorte qu'en ajoutant des objets au schéma, leurs étiquettes d'identification et leurs symboles soient affichés. Choisissez **Affichage >> Options du Schéma** dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue Options du Schéma. (Figure II-5)

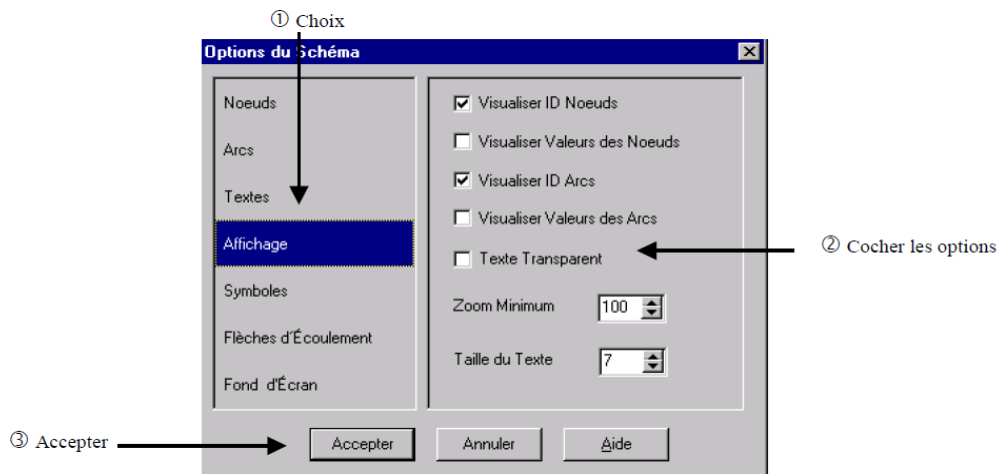



Figure II-5 : Boîte de dialogue : options du schéma

Pour saisir les propriétés des objets on a mesurer qu'on ajoute des objets à un projet, EPANET leur assigné un ensemble de propriétés par défaut. Pour modifier la valeur d'une propriété particulière d'un objet, il faut sélectionner cet objet dans *l'Éditeur de Propriétés* (**figure II-6**). Il y a plusieurs manières d'y parvenir. Si l'éditeur est déjà visible, vous pouvez simplement cliquer sur l'objet ou le sélectionner dans le *Navigateur des Données*. Si l'éditeur n'est pas visible, vous pouvez le faire apparaître d'une des manières suivantes:

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

Lorsque l'éditeur de propriétés est sélectionné vous pouvez taper sur la touche **F1** pour obtenir une description plus complète des propriétés énumérées.

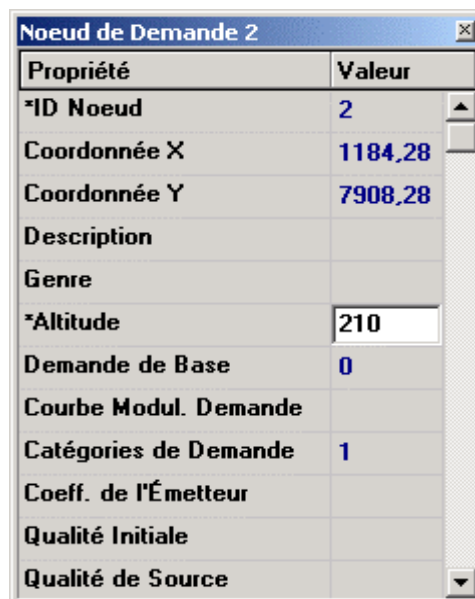


Figure II-6 : l'éditeur de propriété

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

Figure II-6 : l'éditeur de propriété

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

Après on ajoute un réservoir avec leur données suivante :

Propriété	Valeur
*ID Réservoir	R1
Coordonnée X	143.63
Coordonnée Y	7594.25
Description	
Genre	
*Altitude du Radier	0
*Niveau Initial	2
*Niveau Minimal	0
*Niveau Maximal	4
*Diamètre	20
Volume Minimal	
Courbe de Volume	
Modèle de Mélange	Parfait
Fraction de Mélange	
Coeff. de Réaction	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	

Figure II-7 : propriété de réservoir


Les réservoirs sont des nœuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps. Les données de base pour des réservoirs sont les suivantes:

- L'altitude du radier (où le niveau d'eau est zéro).
- Le diamètre (ou sa forme s'il n'est pas cylindrique).
- Les niveaux initial, minimal et maximal de l'eau.
- La qualité initiale de l'eau.

Les principaux éléments calculés dans la simulation sont les suivants:

- La charge (altitude de l'eau).
- La pression (niveau de l'eau).
- La qualité de l'eau.

Le niveau dans les réservoirs doit rester entre les niveaux minimal et maximal. **Epanet** arrête la sortie d'eau si un réservoir est à son niveau minimal et arrête l'arrivée s'il est à son niveau maximal. Les réservoirs peuvent également servir de source pour une substance entrant dans le réseau.

D'après entré tous les valeurs en simulé avec se  bouton dans la barre de menu et obtenue le rapport de résultats .

II-4- Watercad :

II-4-1- Définition:

Bentley WaterCAD est un logiciel complet de gestion, d'analyse d'affaires, de modélisation du réseau (système de distribution) détenue par entreprise **Software Bentley Système, Incorporated** produit des solutions pour la conception, la construction et l'exploitation des infrastructures dans divers domaines.

WaterCAD est le modèle complet pour les simulations du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau dans des réseaux de conduites sous pression. **WaterCAD** peut effectuer une variété de fonctions, y compris les simulations en régime permanent sur de longues durées dans les réseaux sous pression avec des pompes, réservoirs, vannes de régulation, etc.....

Les capacités de **WaterCAD** s'étendent également sur les questions de sécurité publique et de planification à long terme, avec de nombreuses caractéristiques de qualité de l'eau, y compris: les analyses de protection incendie automatisé, gestion globale du scénario, squelettisation, calibration, analyse des coûts, et le partage des données facultés échelle de l'entreprise. En outre, vous pouvez utiliser pour personnaliser WaterObjects.

WaterCAD est disponible avec plusieurs interfaces :

- Interface utilisateur graphique autonome.
- Interface **Auto CAD** intégrée.
- Interface **Arc View** vs Arc Info intégrée.

II-4-2- Origines et développement :

WaterCad a été initialement développé par la société Haestad Methods, Inc. basée à Watertown , **CT (USA)**. Cette société a été acquise par **Bentley Systems** à la **mi-2004**, l'acquisition à partir de laquelle le produit a commencé à être connu dans le commerce comme Bentley **WaterCad**.

WaterCad est une évolution d'un produit logiciel publié dans le début des **années 90** par la maison Haestad Methods, appelé Cyber Net. Ce produit était peut - être l'un des programmes novateurs visant à intégrer un modèle hydraulique dans un environnement de **CAO**. Ceci, étant donné que seulement jusqu'à cette décennie a commencé à lancer le marché des différents produits commerciaux de la modélisation hydraulique avec une interface graphique

et la première version d'**Epanet** (produit gratuit et de référence sur le marché) a été lancée jusqu'en **1993** seulement.

Le **Cyber Net** comme un nom commercial a disparu au début de 2000, et **WaterCad** a commencé à être commercialisé en deux versions: **WaterCad** en autonome et **WaterCad** pour **AutoCad**. Également au cours des premières années du logiciel, il a subi des changements importants ont dû voir non seulement des améliorations à l'interface et la saisie des données des outils graphiques, mais aussi avec les méthodes de calcul et des algorithmes. En ce qui a à voir avec le modèle de qualité de l'eau dynamique ou une méthode de lagrangien d'approximation, ce qui prouve à être plus polyvalent et plus efficace que d'autres modèles de qualité mis en œuvre.

Au cours des dernières années, le logiciel a eu une grande évolution en particulier dans des fonctions telles que l'interopérabilité, facilité d'utilisation, des outils de productivité, la consultation des processus multicritères, les opérations d'analyse spatiale, des capacités graphiques, l'intégration avec les systèmes d'information géographique (**SIG**), etc. Parmi les développements les plus récents comprennent les caractéristiques suivantes:

- L'échange de données avec d'autres systèmes d'information, des appareils électroniques et/ ou d'autres programmes de gestion.
- En utilisant des algorithmes génétiques pour les processus automatisés d'étalonnage hydraulique, la conception optimale et d'optimisation de l'énergie.
- Analytique de détection de fuite.
- Plans vulnérabilité à des événements de pollution.
- L'intégration de systèmes avec **SCADA**.
- Analyse de la qualité de multi-paramètres

II-4-3- Méthode de calcul de waterCad :

En particulier si on utilise **WaterCad** en saisi ou peut prendre en considération les équipements de fonction (coude ; té ;) la différence avec **Epanet**, **WaterCad** calcule les pertes de charge singulière.

II-4-4- Les Étapes de l'Utilisation WaterCad :

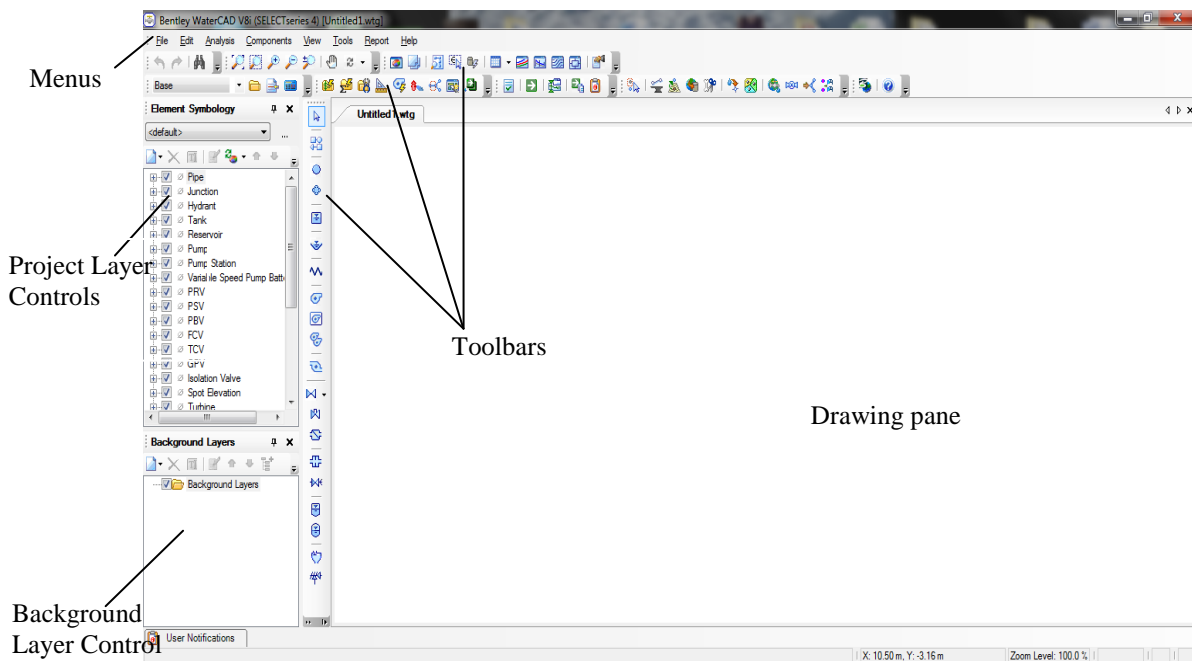


Figure II-8 : Interface de Water CAD

- 1- Ajuster les paramètres du programme : une fois le logiciel est ouvert, on trouve une fenêtre (Figure II-9) on choisie **Create New Project** pour créer un nouveau projet.



Figure II-9 : fenêtre d'ouverture

- Pour régler les paramètres du programme, on choisit **Tools** dans la barre de menu « Option » « Unit » « Reset Defaults » SI (système international) (Figure II-10).

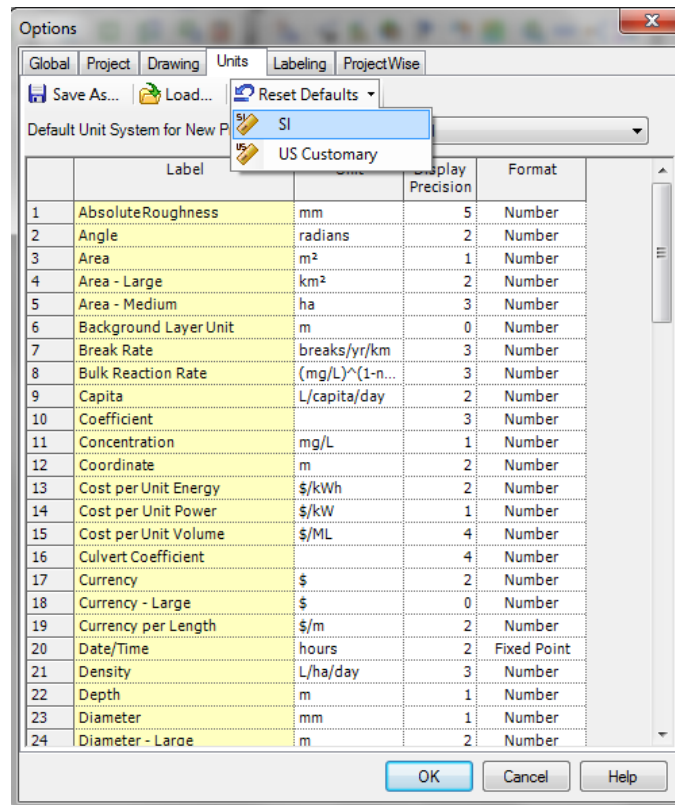


Figure II-10 : La fenêtre d'option (unité)

- Pour régler l'échelle dans la même fenêtre d'option on choisit « **Drawings** » « **Scale** » (Figure II-11)

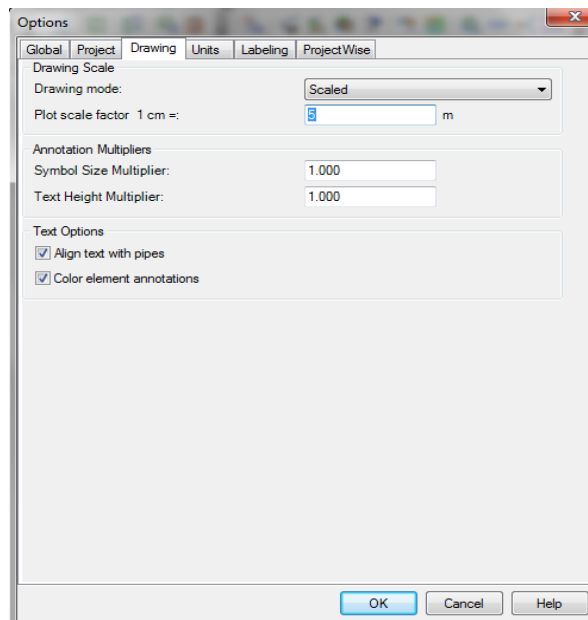


Figure II-11 : La fenêtre d'option (Drawing)

2- On trace le réseau avec les outils suivants : (en Anglais)

Select – Pipe – Junction – hydrant – Tank – Reservoir – Periodic Head-Flow –Pump – Variable Speed Pump Battery – Pump Station – Turbine – Valves – Valves with Linear Area Change – Check Valve – Orifice between Pipes – Discharge to atmosphere – Surge tank – Hydropneumatic tank – Air valves – Surge valve – Rupture disk – Isolation valve – Spot elevation – Border – Text – Line .

par ordre dans la figure suivante (II-12)



Figure II-12 : Les outils du dessin

3- Commençons à renseigner les propriétés des nœuds dans la fenêtre des propriétés comme affichée dans la figure ci-dessous. Nous allons saisir l'Altitude (Élévation) et la Demande de Base (Demande Collection) pour ces nœuds.

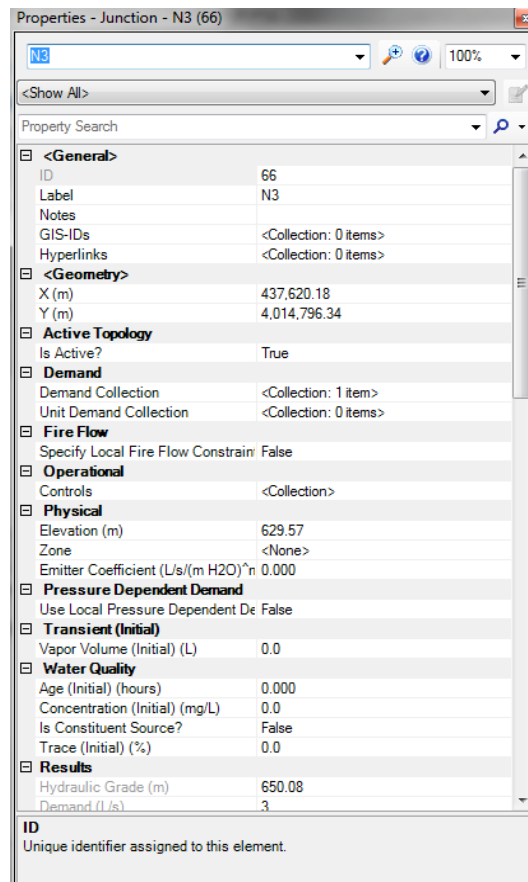


Figure II-13 : La fenêtre de propriété du nœud

- 4- Renseigner les propriétés des tuyaux dans la fenêtre des propriétés comme affiché dans la figure suivante. Nous allons saisir longueur (length) et diamètre (Diameter) pour ces tuyaux.

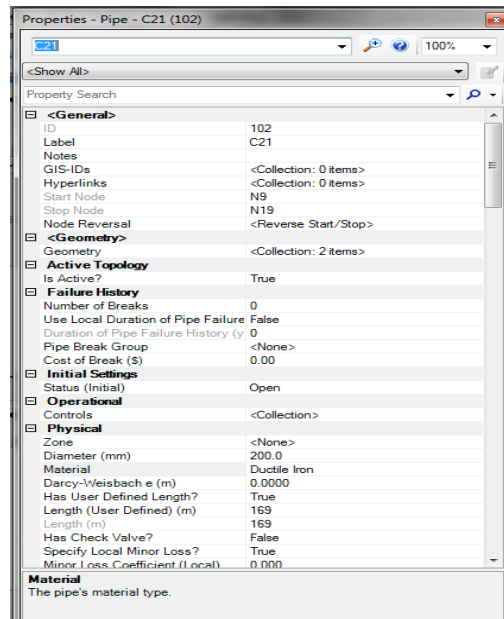


Figure II-14: La fenêtre de propriété du Tuyau

- 5- Après on ajoute les données du réservoir (Figure II-15)

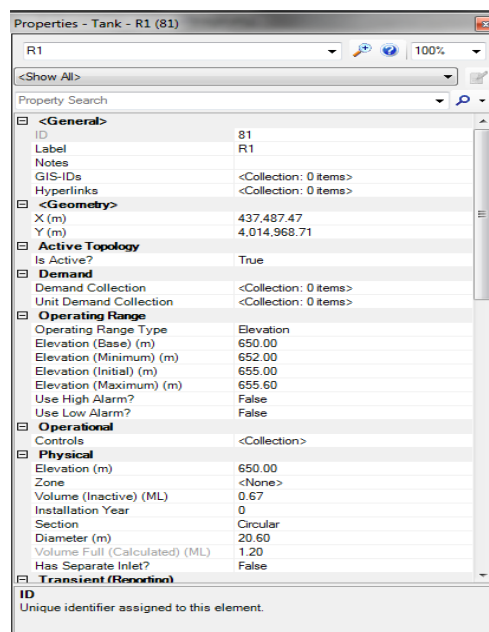


Figure II-15 : La fenêtre de propriété du Réservoir

- 6- En cliquant sur le bouton « entré » toutes les valeurs seront simulés. Avec ce bouton dans la barre 'menu', on obtient le rapport des résultats .

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les modèles de calcul utilisés pour un réseau d'alimentation en eau potable. Ce dernier s'est appuyé sur une étude théorique pour chaque modèle et les étapes d'utilisations des deux logiciels : **Epanet** et **WaterCad**.

Chapitre III : Elaboration du SIG

III-1- Introduction :

Depuis plus de vingt ans, le développement de l'informatique a entraîné des modifications importantes pour la géographie et la cartographie. La production de données s'est accélérée, grâce à de nouvelles méthodes de collecte et d'acquisition.

L'utilisation des **SIG**, déjà largement développée au sein des Unités de recherche, devient de plus en plus courante dans une très grande variété d'applications (agriculture, écologie, environnement, aménagement...) notamment grâce à l'accessibilité de plus en plus importante des données géographiques et des logiciels (facilité d'accès aux données et coût d'utilisation des logiciels).

Un système d'information géographique (**SIG**) est avant tout un système de gestion de base de données capable de gérer des données localisées, et donc capable de les saisir, de les stocker, les extraire (et notamment sur des critères géographiques), de les interroger et analyser, et enfin de les représenter et les cartographier. L'objectif affiché est essentiellement un objectif de synthèse, permettant à la fois la gestion des données comme l'aide à la décision.

III-2- Décomposition du SIG :

- ✓ **S : Système** : ensemble d'objets reliés et interagissant dans un but commun ;
- ✓ **I : Information** : élément de connaissance qui peut être stocké, traité ou communiqué ;
- ✓ **SI : Système d'information** : procédé, chaîne d'opération pour recueillir, stocker, analyser, manipuler et visualiser des données.
- ✓ **G : Géographie** : science qui a pour objet la description et l'explication de l'aspect naturel et humain de la surface de la terre.
- ✓ **SIG : Système d'information géographique** : ensemble logiciel permettant de gérer toute donnée localisée. Un tel système doit permettre de gérer simultanément les deux types de données, graphiques et alphanumériques.

III-3- Définition :

Un **Système d'Information Géographique** est un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision

Le **SIG** est un système d'information permettant de créer, d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, autrement dit **Géo référencées**, ainsi que de produire des plans et des cartes. Ses usages couvrent les activités Géomatiques de traitement, de partage et de diffusion de l'information géographique.

La représentation est généralement en deux dimensions, mais un rendu **3D** ou une animation présentant des variations temporelles sur un territoire sont possibles.

III-4- Historique :

Dans les années **1960**, les cartes de l'Afrique de l'Est trop nombreuses pour permettre de localiser les meilleurs endroits pour créer de nouvelles implantations forestières font naître l'idée d'utiliser l'informatique pour traiter les données géographiques.

L'usage accru de ces techniques et méthodes dans la science et l'aménagement du territoire et pour le suivi, la gestion et protection de la biodiversité a été permis par l'avancée de l'informatique, et encouragé par la prise de conscience environnementale. Cette évolution des applications a permis de nouvelles approches scientifiques transdisciplinaires et collaboratives. Et ce depuis les années **1970**.

Maguire et al. (1991) distinguent trois périodes principales dans l'**évolution** des **SIG** :

- **Fin** des années **1950** – **milieu** des années **1970** : début de l'informatique, premières cartographies automatiques et naissance de l'éditeur de logiciels **SIG** ESRI (en **1969**).
- **Milieu** des années **1970** - **début** des années **1980** : diffusion des outils de cartographie automatique **SIG** dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques...).
- Depuis les années **1980** : croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données distribuées, avec depuis les années **1990**, des applications sur Internet) et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers,

utilisation d'outils embarqués liés au GPS...), apparition de logiciels libres ou d'outils dédiés aux pratiques coopératives, etc.

III-5- Objectif de SIG :

Représenter la réalité le plus précisément possible pour obtenir des résultats d'analyse précis.

Tout objet ou tout phénomène localisable à la surface du globe est susceptible d'être cartographié (représenté géographiquement sur la carte).

- Les systèmes informations géographiques : un outil pour l'exploitation des données urbaines.
- Les cartes sont des outils dans le nombreux domaines d'études dans lesquels le besoin de repérer des objets ou des hommes dans l'espace est présent : l'aménagement du territoire ou les transports sont par exemple étroitement liés à la géographie . la création des cartes géographiques nécessite la manipulation et la gestion d'un grand nombre des données .

Les **S**ystèmes d'**I**nformations **G**éographiques **SIG** vous permettent de l'utiliser pour créer, gérer, manipuler, analyser les bases de données géographiques et les représenter par carte.

III-6- Les composants d'un SIG :

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :

❖ **Matériel** : Les **SIG** fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

❖ **Logiciels** : Les logiciels de **SIG** offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

Principaux composants logiciel d'un SIG :

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- Système de gestion de base de données.

- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

❖ **Données** : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des **SIG**. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

❖ **Utilisateurs** : Un Système d'Information Géographique **SIG** étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence.

Les **SIG** s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des **SIG** sur Internet, la communauté des utilisateurs de **SIG** s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de **SIG**.

❖ **Méthodes** : La mise en œuvre et l'exploitation d'un **SIG** ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

III-7- Les lexiques du SIG :

- **Géo-référencier** : caler un objet au sein d'un système de coordonnées ;
- **Données alphanumériques** : un ensemble de données écrites (chiffres et lettres) ;
- **Vecteur** : ensemble des données tracées sous la forme de points lignes surfaces ;
- **Raster** : ensemble regroupé des pixels constituant une matrice ou image ;
- **Projection cartographique** : transformations permettant de représenter la terre dans un espace plan

III-8- Structure de SIG :

Un Système d'Information Géographique est un système de gestion de base de données pour la saisie, la manipulation, le stockage, l'extraction, l'interrogation, analyse et l'affichage des données localisées.

Cette définition fait apparaître les quatre groupes de fonctionnalités suivantes :

- Acquisition des données géographiques d'origines diverses.
- Gestion pour le stockage et la recherche des données.
- Analyse spatiales pour le traitement et l'exploitation.
- Présentation des résultats sous forme cartographique.

La **figure III-1** met en évidence les quatre groupes fonctionnalités au-dessous d'une couche d'application.

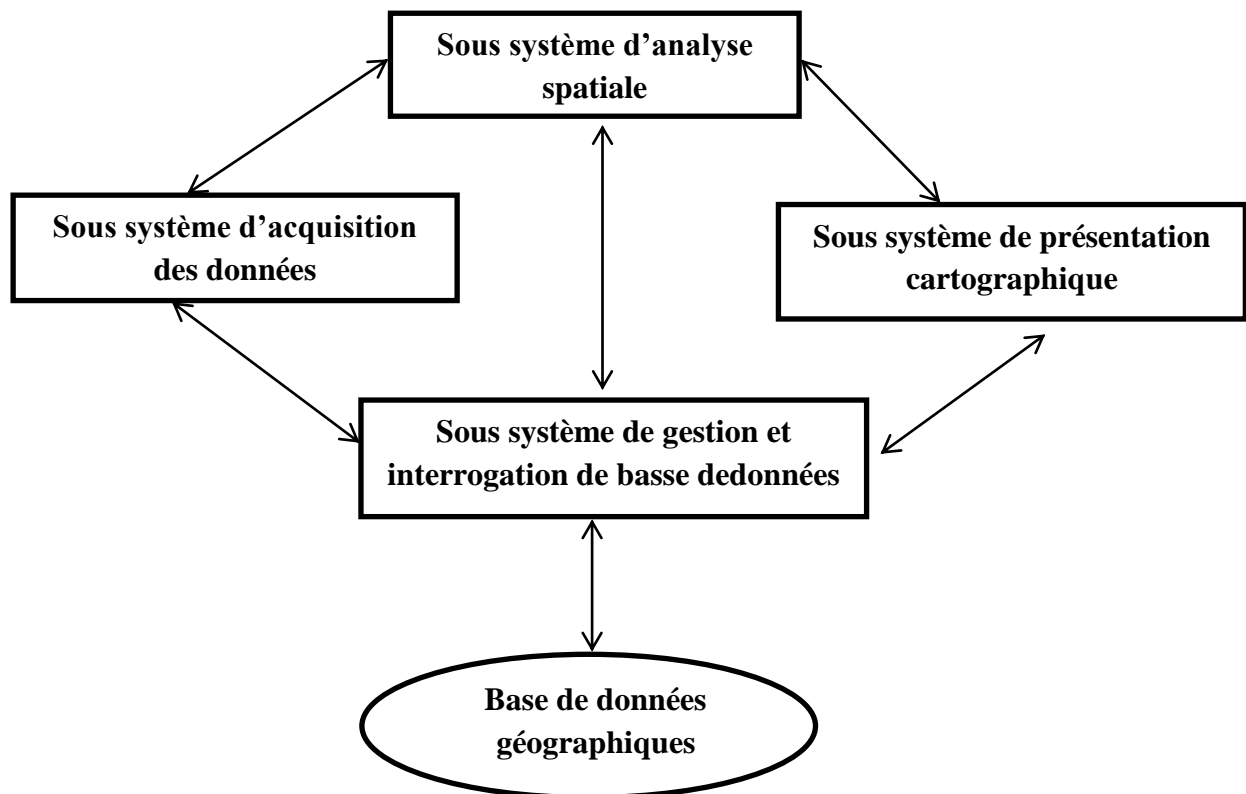


Figure III – 1 : Structure d'un SIG

III-9- Domaines d'application des SIG :

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)

- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

III-10- Principaux critères de choix d'un SIG :

- Domaine d'application de l'utilisateur (réseau, gestion du territoire)
- Les fonctions d'acquisition des données (vectorielle et raster)
- Les fonctions d'analyse spatiales (types et performance)
- Qualité de la visualisation graphique.
- Qualité d'édition.
- Possibilité d'échanger des données avec d'autres systèmes.
- Ouverture vers d'autres technologies (Réseau local, Web)
- Possibilités de connecter des Bases de données.
- Précision de mesure, outils géométriques, transformation de coordonnées.
- Personnalisation.
- Compatibilité, stabilité et sécurité.

III-11- Principales fonctions d'un SIG :

La combinaison des différents éléments d'un SIG (point, ligne et polygone) donne accès aux fonctions de base suivantes :

- La saisie, le stockage et la gestion des données.
- Le traitement, l'analyse, la sélection et l'affichage de données.
- La production de carte, rapports, dossiers et autres synthèses d'information.
- La sécurité et la protection des informations.
- Un SIG relie les données spatiales et attributaires pour effectuer diverses opérations telles que.
- L'affichage cartographique d'objets géographiques et de leur description.
- L'interrogation de la BD géographiques.

- L'analyse géographique.
- La mise en place d'un SIG repose obligatoirement sur une étude préalable sérieuse.

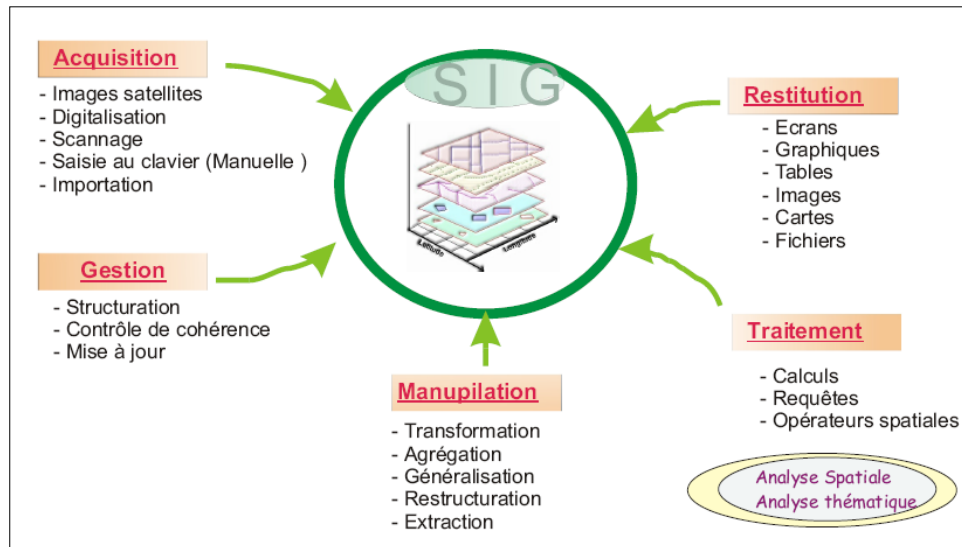


Figure III -2: Principales fonctions d'un SIG

III-12- Principales contraintes des SIG :

- Le manque de personnel spécialisé et compétent
- Coût élevé et problèmes techniques pour l'acquisition des données
- Non standardisation des formats de données
- Nécessite d'une mobilisation contenue des acteurs.

Dans les pays du tiers monde, l'utilisation d'outils informationnels reste ponctuelle et limité à quelque secteur, essentiellement la gestion des ressources naturelles et la gestion de l'environnement, les applications **SIG** sont rares dans de nombreux secteurs importants comme la santé publique, le transport ou l'aménagement du territoire.

La plupart des analyses **SIG** sont effectuées à la demande d'organismes gouvernementaux. L'apport du secteur privé se limite le plus souvent à la fourniture de matériel, de logiciel et quelques fois de cours de formation.

III-13- Les avantages des SIG :

- Un **SIG** permet d'abaisser les coûts de production des cartes et des plans, dans de nombreuses mairies, les cartes qui sont établies à la main, avec des délais et des coûts de correction, de mise à jour, de dessin, etc. Le **SIG** permet de les établir plus rapidement et à moindre frais.
- Un **SIG** permet aussi d'établir des cartes et des plans que l'on ne pouvait pas réaliser à la main. Grâce à l'information, il est possible de réaliser des produits nouveaux qu'il était impossible de réaliser à la main.
- Un **SIG** évite d'avoir à refaire plusieurs fois les mêmes levés. Il évite que des services différents procèdent topographique sur la même zone et évite les pertes d'information avec le temps en accumulant l'information recueillie sur le terrain.
- Le **SIG** améliore le service rendu à l'utilisateur en permettant de lui fournir avec rapidité et fiabilité d'information de qualité dont il a besoin. par exemple, tous les renseignements délivrés par le service urbanisme seront, en principe à jour complètes.
- Le **SIG** permet des calculs utiles à la prise de décision. cela va du calcul simple, la superposition cartographique, au calcul complexe d'analyse spatiale intégrant un grand nombre de paramétré.

III-14- Différentes SIG existantes sur le marché :

- Map Info.
- ERDAS imagine.
- Arc GIS (ESRI).
- Soft Map.
- GRF Map (premier SIG Algérien).
- Star SIG.

III-15- Logiciel Arc GIS :

Les professionnels dans de nombreux secteurs utilisent **Arc GIS** dans un large éventail d'applications, incluant la planification et l'analyse, la gestion d'actifs, la sensibilisation opérationnelle, les opérations sur le terrain telles que l'inspection mobile et le déploiement d'urgence, les études de marché, la gestion des ressources, la logistique, l'éducation et la sensibilisation. En général, ces professionnels utilisent **Arc GIS**, car il les aide à :

- Résoudre des problèmes
- Prendre de meilleures décisions
- Planifier avec succès
- Faire un meilleur usage des ressources
- Anticiper et gérer le changement
- Gérer et exécuter des opérations plus efficacement
- Promouvoir la collaboration entre les équipes, les disciplines et les institutions
- Accroître la compréhension et la connaissance
- Communiquer plus efficacement
- Éduquer et motiver les autres

III-15-1- Présentation de Logiciel Arc Gis :

En **1981 ESRI** lança son premier logiciel **SIG** commercial Apple **Arc Info**, qui combine l’affichage d’entités géographiques points, lignes ou polygones avec des outils de gestion de bases de données pour associer des attributs à ces entités.

Arc GIS constitue un instrument de visualisation, d’organisation et d’analyse de données Géo référencées. Tout comme **Map info**, il fonctionne principalement en mode objet, mais offre de grandes possibilités au niveau du traitement des rasters si l’on dispose des extensions du programme appropriées. Il fait partie de la série des logiciels **ESRI**. Bien entendu amélioré par rapport à **Arc view 3.2** (notamment au niveau de l’utilisation de l’interface, plus agréable, et de la présentation des données, beaucoup plus soignée), la différence fondamentale entre **Arc GIS10** et les versions antérieures réside dans la « partition » du logiciel et qu’**Arc Gis 10** offre la possibilité du traitement des imageries satellitaires.

III-15-2- Les avantages d’Arc GIS :

Arc GIS vous permet de :

- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes
- Rassembler les informations géographiques
- Créer et gérer des bases de données géographiques
- Résoudre des problèmes avec l’analyse spatiale
- Créer des applications basées sur la carte

- Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

III-15-3- les applications d’Arc GIS :

Arc Gis comprend une suite d’applications intégrées :

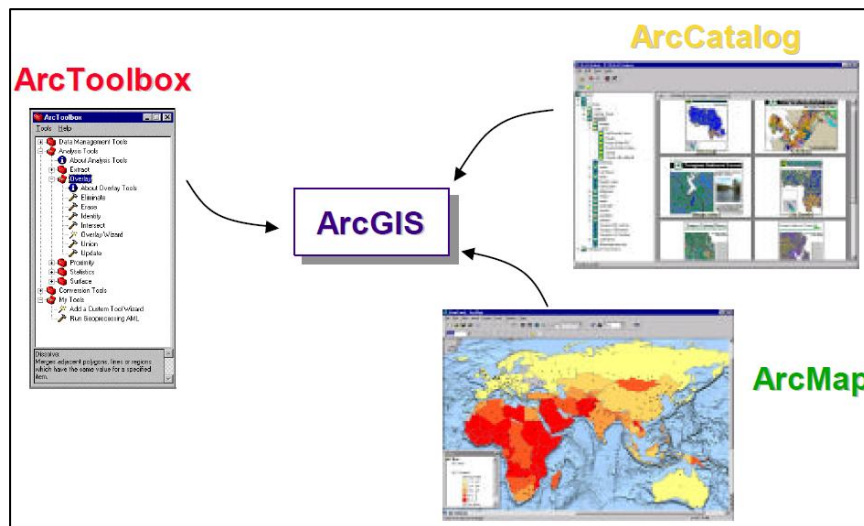


Figure III-3: les applications d’Arc GIS

A l’aide de ces trois applications, vous pouvez effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l’analyse géographique, la mise à jour des données et le géo traitement...etc.

1- Arc Map :

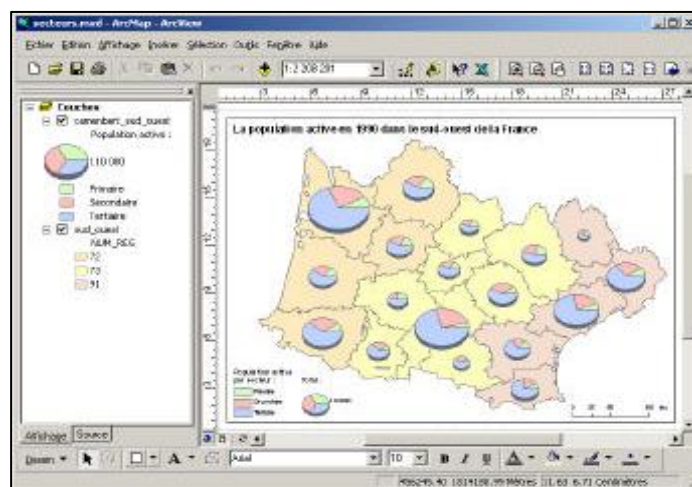


Figure III-4: interface d’Arc Map

- Documentation des données (métadonnées).

3- Arc Toolbox :

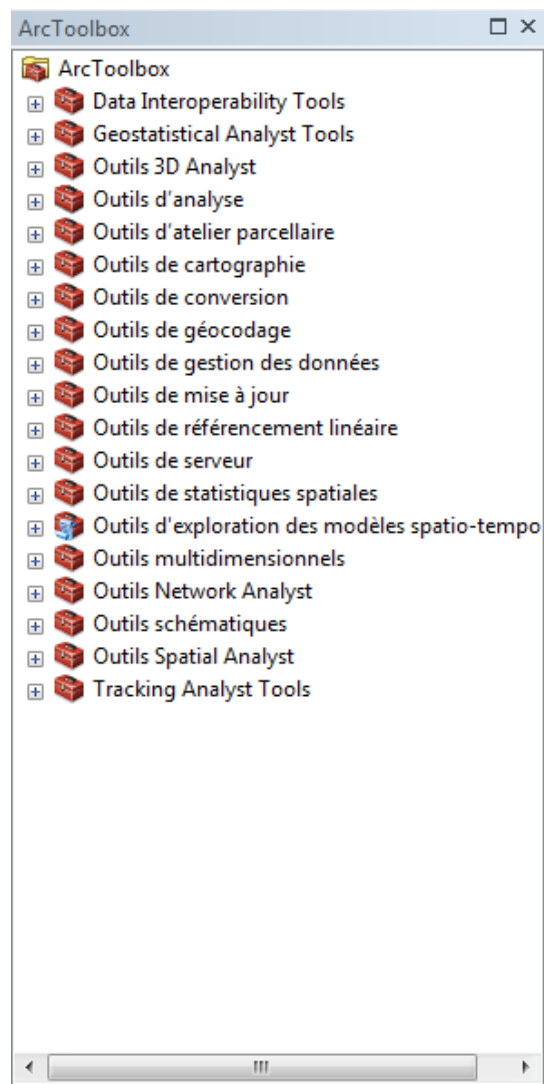


Figure III-6: Interface d'Arc Toolbox

Arc ToolBox est l'application permettant de traiter les Couvertures, les Grilles, les TIN, ... à l'aide des commandes ARC d'**Arc Info™** Workstation. Elle présente un ensemble de plus de 100 outils de conversion, de traitement et d'analyse présentés sous la forme d'assistants. Les tâches définies avec ces outils peuvent être exécutées en local ou sur un serveur de géo traitement. Elles peuvent aussi être planifiées.

III-15-4- Les extensions d'Arc GIS :

Les extensions les plus connues d'Arc GIS sont les suivantes :

- **Spatial Analyst** : Modélisation spatiale avancée.

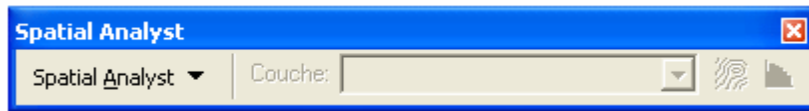


Figure III-7: Spatial Analyst

- **3D Analyst** : Modélisation 3D.

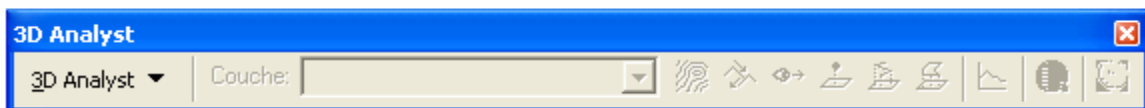


Figure III-8 : 3D analyst

- **Géo Statistical Analyst** : Analyses et cartographie avancée.

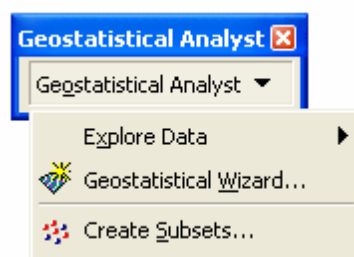


Figure III-9 : Géo Statistical Analyst

- **Tracking Analyst** : Analyses de données temporelles.

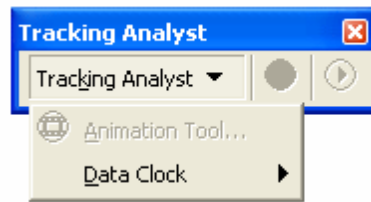


Figure III-10: Tracking Analyst

- **L'outil de navigation** : Outil permet d'effectuer certaines opérations :



Figure III-11: Outil de navigation

III-16- Saisie des plans et données du système existant-cartographie :

III-16-1- Plans sur Auto CAD :

Tous les plans seront réalisés sur Auto CAD. Le fond de plan provient d'un plan cadastral, complété par des levés topographiques (**figure III-12**) les réseaux et ouvrages seront reportés sur ce fond à partir des plans sur papier existants.

Le fond de plan fera apparaître notamment :

- Le bâti.
- Les rues, parcs, jardins et autres espaces publics.
- Les routes à l'extérieur des zones agglomérées.
- Les zones industrielles.

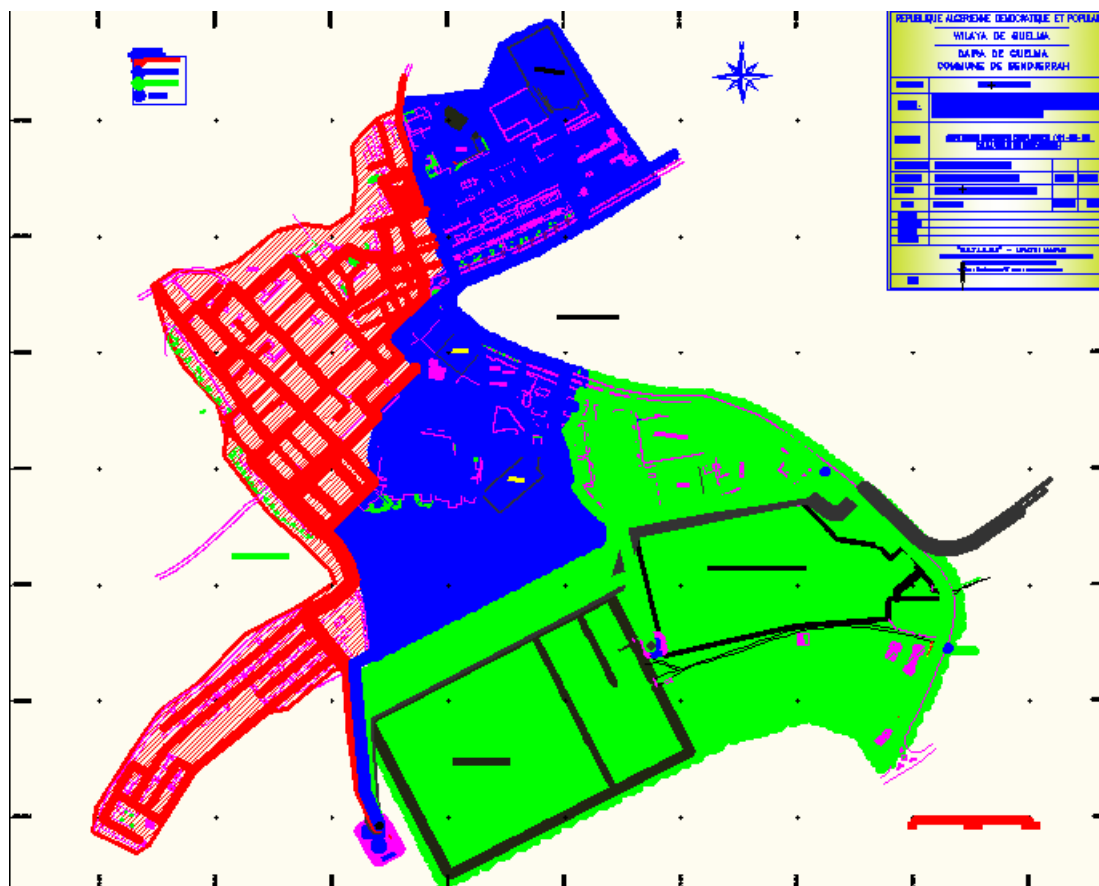


Figure III-12: Plan Auto CAD de Bendjerrah

Ce plan permet de voir les secteurs desservis. La sectorisation proposée découle principalement d'un partage relativement équitable en surface de la ville et du respect du principe de non chevauchement entre secteurs.

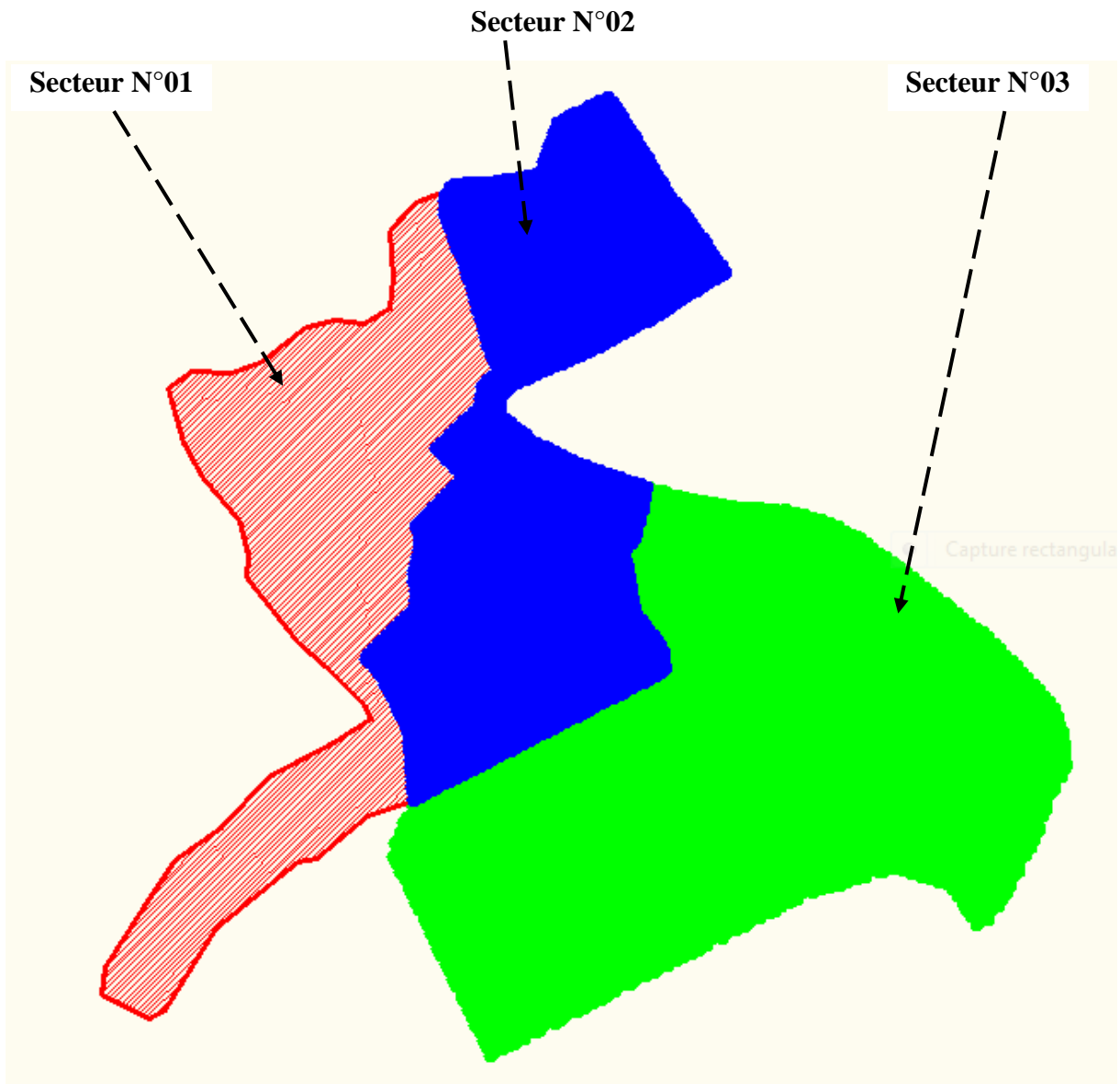


Figure III-13: Zoning de la ville de Bendjerrah



Figure III-14: Zoning du réseau la ville de Bendjerrah

Le plan ci-joint montre le tracé du réseau de la ville de Bendjerrah sur Auto CAD

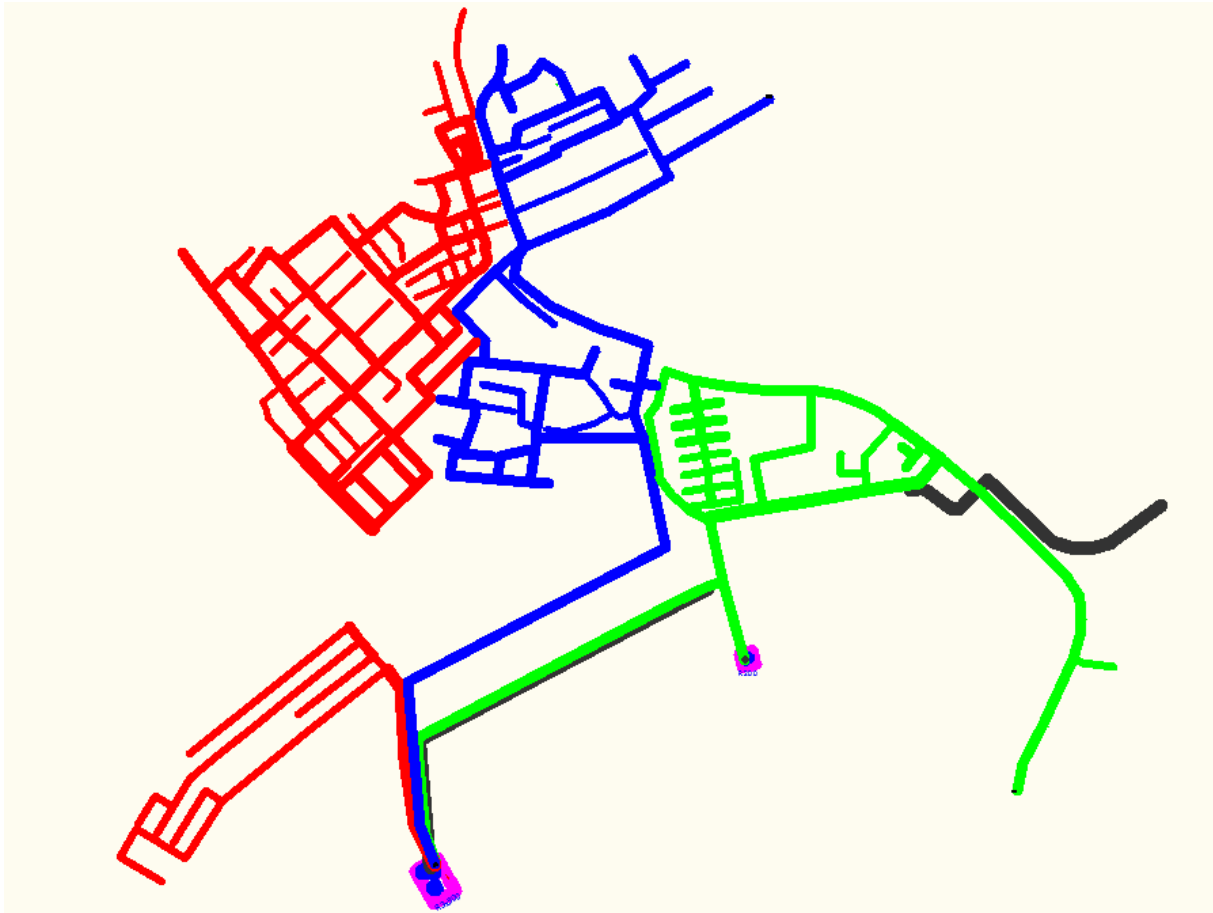


Figure III-15: tracé du réseau de la ville de Bendjerrah

III-16-2- Analyse des données :

L'analyse des données consiste à déterminer les caractéristiques des documents à retenir, pour bien appréhender et supporter la représentation du réseau d'AEP du **Bendjerrah**, car il est difficile de définir à l'avance toutes les utilisations possibles et imaginables qui pourraient être faites par le Système d'Information Géographique.

III-16-3- Numérisation des données:

La numérisation consiste à remplacer les traditionnels plans papier difficiles à manipuler et complexes à mettre à jour par des plans numérisés où l'on retrouve de manière bien

différenciée (symboles, couleurs...), les rues, les bâtis... issus du plan vectorisé avec l'ensemble du réseau d'AEP qui y a été reporté.

Cette méthode se révèle la mieux adaptée aux nécessités de ce travail car elle permet de saisir la géométrie des objets graphiques élémentaires : Point, Ligne ou Polygone.

La plupart des conduites, points d'eau, accessoires hydrauliques ainsi que l'ensemble de éléments constituant le système d'alimentation en eau potable ont été tracé en couvrant le fond de plans vectorisé par un quadrillage.

III-16-4- Création de la base de données :

Les données sont des observations brutes. Après leur traitement, on arrive à des informations utiles pour la conception de la base de données. Ils sont de différentes natures:

- Nature variable (fichier géographique)
 - un point (vanne, forage, réservoir ...)
 - une ligne (conduite, route ...)
 - une surface ou région (îlot, bâti ...)
- Structure variable
 - maillée ou raster (image satellitaire...)
 - vectorielle (limites des îlots...)
- Source variable
 - soit des tableaux de chiffres (fichiers de forages...)
 - soit différentes cartes et plans réalisés pour la zone d'étude considérée (Plans de réseaux, profils en long...).

Les données associées sont organisées sous forme de tables. Les noms d'attributs sont introduits champ par champ selon leurs types (caractère, entier, flottant, virgule fixe, date...).

Chaque entité géométrique (conduite) est reliée à sa description exhaustive, ce lien se fait au moyen d'un identifiant interne.

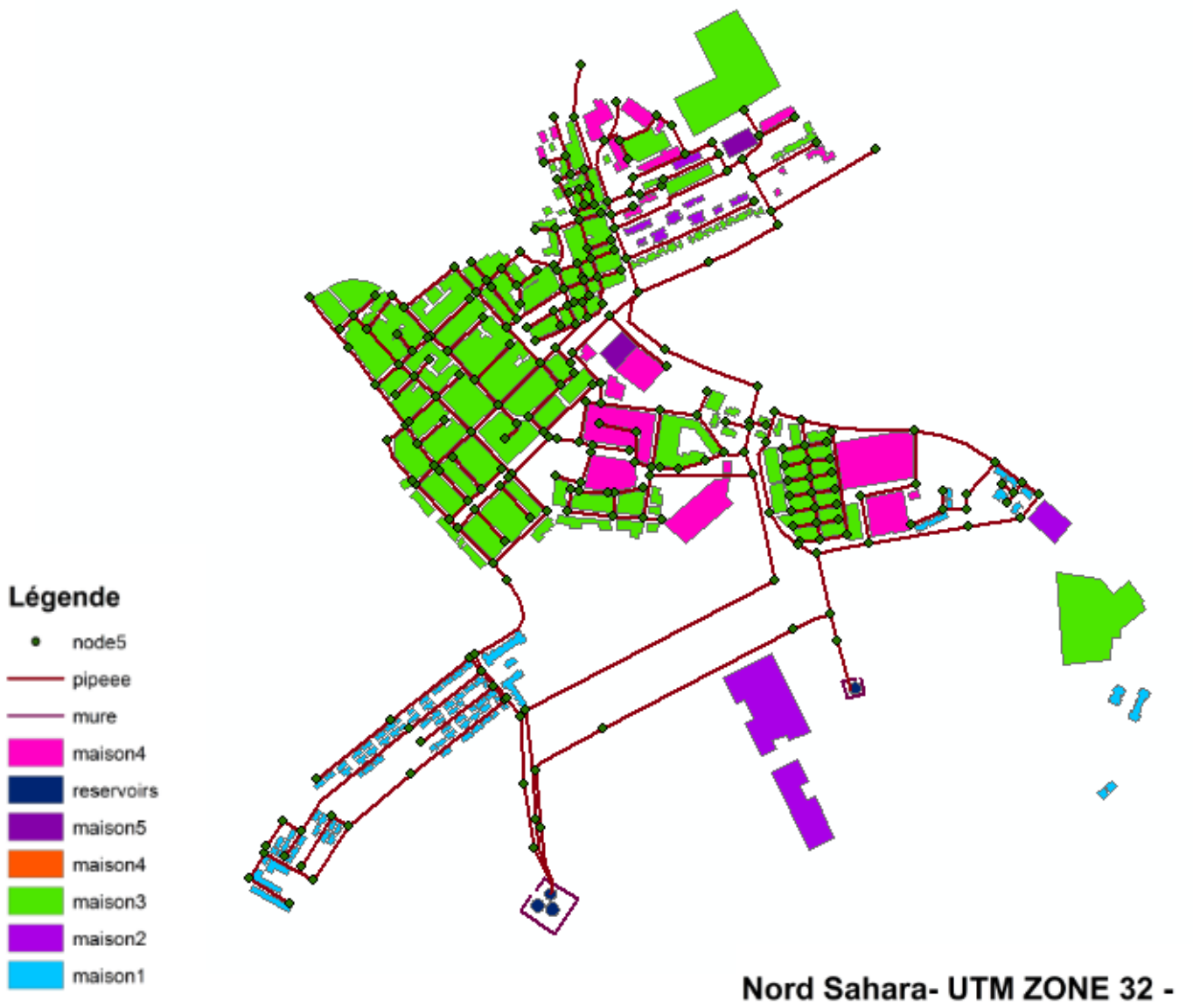


Figure III-16: Plan de Bendjerrah tracé par Arc Gis

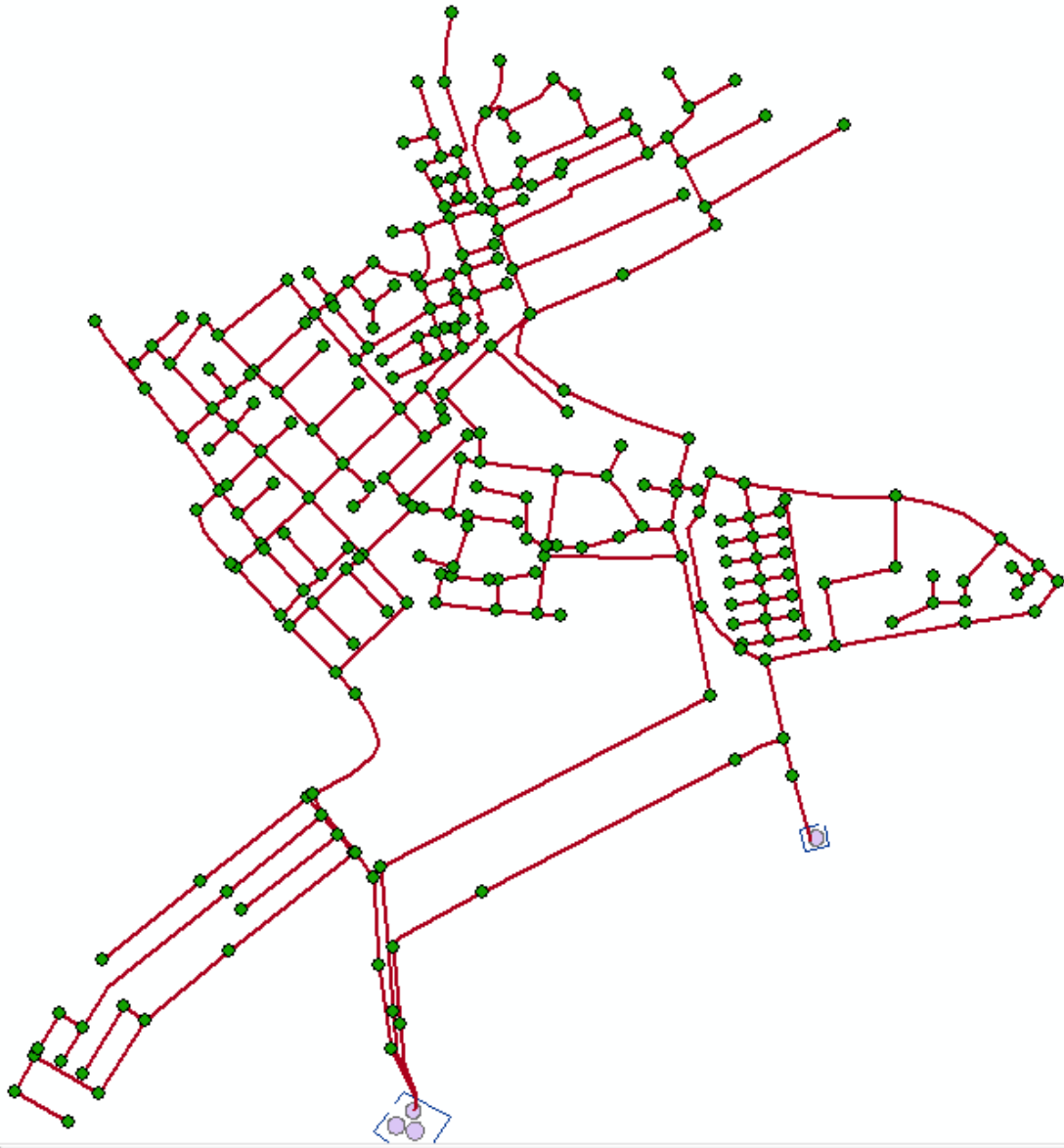


Figure III-17: tracé du réseau d'AEP de la ville de Bendjerrah par Arc Gis

Table

node5

FID	Shape	DEMAND	ELEV	HGL	ID	LABEL	P	X	Y	ZONEID	ZONE	LABEL 1	Z
0	Point	-1	0	-1	31	J-1	-1	353860,57	4032076,3	0		J-1	696,979447
1	Point	-1	0	-1	33	J-2	-1	353852,92	4032167,51	0		J-2	697,065643
2	Point	-1	0	-1	35	J-3	-1	353958,55	4032232,42	0		J-3	694,026497
3	Point	-1	0	-1	37	J-4	-1	354258,57	4032389,92	0		J-4	687,044344
4	Point	-1	0	-1	39	J-5	-1	354315,75	4032414,57	0		J-5	690,294888
5	Point	-1	0	-1	41	J-6	-1	354296,19	4032508,96	0		J-6	683,800631
6	Point	-1	0	-1	43	J-7	-1	354219,89	4032571,72	0		J-7	678,201952
7	Point	-1	0	-1	45	J-8	-1	354216,2	4032682,98	0		J-8	670,891303
8	Point	-1	0	-1	47	J-9	-1	354228,83	4032730,87	0		J-9	668,494969
9	Point	-1	0	-1	49	J-10	-1	354270,52	4032718,48	0		J-10	670,146012
10	Point	-1	0	-1	51	J-11	-1	354279,71	4032677,98	0		J-11	670,820092
11	Point	-1	0	-1	53	J-12	-1	354280,65	4032653,8	0		J-12	673,25546
12	Point	-1	0	-1	55	J-13	-1	354284,81	4032629,02	0		J-13	675,679187
13	Point	-1	0	-1	57	J-14	-1	354288,27	4032604,24	0		J-14	677,701075
14	Point	-1	0	-1	59	J-15	-1	354292,32	4032580,54	0		J-15	679,271809
15	Point	-1	0	-1	61	J-16	-1	354296,01	4032555,76	0		J-16	679,480565
16	Point	-1	0	-1	63	J-17	-1	354299,59	4032530,98	0		J-17	679,721501
17	Point	-1	0	-1	65	J-18	-1	354268,38	4032526,93	0		J-18	680,046811
18	Point	-1	0	-1	68	J-20	-1	354265,84	4032520,82	0		J-20	680,066971
19	Point	-1	0	-1	72	J-21	-1	354255,67	4032574,51	0		J-21	678,775506
20	Point	-1	0	-1	74	J-22	-1	354326,76	4032585,27	0		J-22	679,414579
21	Point	-1	0	-1	76	J-23	-1	354329,33	4032560,5	0		J-23	679,532166
22	Point	-1	0	-1	78	J-24	-1	354257,48	4032549,92	0		J-24	679,519129
23	Point	-1	0	-1	80	J-25	-1	354322,95	4032609,1	0		J-25	678,399979
24	Point	-1	0	-1	82	J-26	-1	354253,19	4032598,43	0		J-26	677,283403
25	Point	-1	0	-1	84	J-27	-1	354319,61	4032635,02	0		J-27	675,724635
26	Point	-1	0	-1	86	J-28	-1	354249,28	4032623,58	0		J-28	675,422793
27	Point	-1	0	-1	88	J-29	-1	354316,18	4032658,18	0		J-29	673,001104
28	Point	-1	0	-1	90	J-30	-1	354244,42	4032647,12	0		J-30	673,01715
29	Point	-1	0	-1	92	J-31	-1	354312,18	4032684,1	0		J-31	670,231294
30	Point	-1	0	-1	94	J-32	-1	354242,42	4032672,47	0		J-32	671,281046
31	Point	-1	0	-1	96	J-33	-1	354378,02	4032524,51	0		J-33	679,449004
32	Point	-1	0	-1	98	J-34	-1	354532,98	4032551,83	0		J-34	676,322245
33	Point	-1	0	-1	100	J-35	-1	354614,29	4032564,27	0		J-35	674,589029
34	Point	-1	0	-1	102	J-36	-1	354643,14	4032600,57	0		J-36	671,831581
35	Point	-1	0	-1	104	J-37	-1	354619,09	4032620,05	0		J-37	672,178178
36	Point	-1	0	-1	106	J-38	-1	354605,85	4032603,03	0		J-38	673,134757
37	Point	-1	0	-1	108	J-39	-1	354587,19	4032617,98	0		J-39	673,185382
38	Point	-1	0	-1	110	J-40	-1	354592,92	4032586,87	0		J-40	673,799372
39	Point	-1	0	-1	112	J-41	-1	354575,1	4032651,83	0		J-41	671,825407
40	Point	-1	0	-1	114	J-42	-1	354529,94	4032600,54	0		J-42	675,499519
41	Point	-1	0	-1	116	J-43	-1	354531,46	4032578,36	0		J-43	675,72633
42	Point	-1	0	-1	118	J-44	-1	354493,85	4032576,65	0		J-44	676,539985
43	Point	-1	0	-1	120	J-45	-1	354494,24	4032607,26	0		J-45	676,424144
44	Point	-1	0	-1	122	J-46	-1	354444,54	4032553,49	0		J-46	676,904179
45	Point	-1	0	-1	124	J-47	-1	354449,84	4032702,15	0		J-47	670,936664
46	Point	-1	0	-1	126	J-48	-1	354450,03	4032617,64	0		J-48	678,675027
47	Point	-1	0	-1	128	J-49	-1	354364,09	4032599,36	0		J-49	679,591335
48	Point	-1	0	-1	132	J-50	-1	354342,32	4032538,11	0		J-50	679,808669
49	Point	-1	0	-1	134	J-51	-1	354318,49	4032698,88	0		J-51	669,960794
50	Point	-1	0	-1	138	J-52	-1	354327,66	4032371,15	0		J-52	687,532144
51	Point	-1	0	-1	141	J-53	-1	353467,52	4031958,92	0		J-53	688,760523
52	Point	-1	0	-1	142	J-54	-1	353404,61	4031996,8	0		J-54	681,92454
53	Point	-1	0	-1	144	J-55	-1	353428,21	4032038,65	0		J-55	683,866869

Figure III-18 : Table attributaire des nœuds

FID	Shape	D	Q	CHK VLVE?	USER L?	C	SF	ID	LABEL	LENGTH	USER L	MATERIAL	KM	START NOD	START ND	STOP NOD	STOP OD	V
0	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	32	P-1	105	0	Ductile Iron	0	30	R-1	31	J-1	-1
1	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	34	P-2	92	0	Ductile Iron	0	31	J-1	33	J-2	-1
2	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	36	P-3	126	0	Ductile Iron	0	33	J-2	35	J-3	-1
3	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	38	P-4	339	0	Ductile Iron	0	35	J-3	37	J-4	-1
4	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	40	P-5	62	0	Ductile Iron	0	37	J-4	39	J-5	-1
5	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	42	P-6	96	0	Ductile Iron	0	39	J-5	41	J-6	-1
6	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	46	P-8	117	0	Ductile Iron	0	43	J-7	45	J-8	-1
7	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	48	P-9	50	0	Ductile Iron	0	45	J-8	47	J-9	-1
8	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	50	P-10	43	0	Ductile Iron	0	47	J-9	49	J-10	-1
9	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	52	P-11	41	0	Ductile Iron	0	49	J-10	51	J-11	-1
10	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	54	P-12	24	0	Ductile Iron	0	51	J-11	53	J-12	-1
11	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	56	P-13	25	0	Ductile Iron	0	53	J-12	55	J-13	-1
12	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	58	P-14	25	0	Ductile Iron	0	55	J-13	57	J-14	-1
13	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	60	P-15	24	0	Ductile Iron	0	57	J-14	59	J-15	-1
14	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	62	P-16	25	0	Ductile Iron	0	59	J-15	61	J-16	-1
15	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	64	P-17	25	0	Ductile Iron	0	61	J-16	63	J-17	-1
16	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	66	P-18	31	0	Ductile Iron	0	63	J-17	65	J-18	-1
17	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	69	P-19	7	0	Ductile Iron	0	65	J-18	68	J-20	-1
18	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	70	P-20	69	0	Ductile Iron	0	68	J-20	43	J-7	-1
19	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	71	P-21	34	0	Ductile Iron	0	41	J-6	68	J-20	-1
20	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	73	P-22	37	0	Ductile Iron	0	59	J-15	72	J-21	-1
21	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	75	P-23	35	0	Ductile Iron	0	74	J-22	59	J-15	-1
22	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	77	P-24	34	0	Ductile Iron	0	76	J-23	61	J-16	-1
23	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	79	P-25	39	0	Ductile Iron	0	81	J-16	78	J-24	-1
24	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	81	P-26	35	0	Ductile Iron	0	80	J-25	57	J-14	-1
25	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	83	P-27	36	0	Ductile Iron	0	57	J-14	82	J-26	-1
26	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	85	P-28	35	0	Ductile Iron	0	84	J-27	55	J-13	-1
27	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	87	P-29	36	0	Ductile Iron	0	55	J-13	86	J-28	-1
28	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	89	P-30	36	0	Ductile Iron	0	88	J-29	53	J-12	-1
29	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	91	P-31	37	0	Ductile Iron	0	53	J-12	90	J-30	-1
30	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	93	P-32	36	0	Ductile Iron	0	92	J-31	51	J-11	-1
31	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	95	P-33	35	0	Ductile Iron	0	51	J-11	94	J-32	-1
32	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	97	P-34	83	0	Ductile Iron	0	41	J-6	96	J-33	-1
33	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	99	P-35	157	0	Ductile Iron	0	96	J-33	98	J-34	-1
34	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	101	P-36	82	0	Ductile Iron	0	98	J-34	100	J-35	-1
35	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	103	P-37	46	0	Ductile Iron	0	100	J-35	102	J-36	-1
36	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	105	P-38	31	0	Ductile Iron	0	102	J-36	104	J-37	-1
37	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	107	P-39	22	0	Ductile Iron	0	104	J-37	106	J-38	-1
38	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	109	P-40	24	0	Ductile Iron	0	106	J-38	108	J-39	-1
39	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	111	P-41	21	0	Ductile Iron	0	106	J-38	110	J-40	-1
40	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	113	P-42	54	0	Ductile Iron	0	104	J-37	112	J-41	-1
41	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	115	P-43	68	0	Ductile Iron	0	112	J-41	114	J-42	-1
42	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	117	P-44	22	0	Ductile Iron	0	114	J-42	116	J-43	-1
43	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	119	P-45	38	0	Ductile Iron	0	116	J-43	118	J-44	-1
44	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	121	P-46	31	0	Ductile Iron	0	118	J-44	120	J-45	-1
45	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	123	P-47	54	0	Ductile Iron	0	118	J-44	122	J-46	-1
46	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	125	P-48	137	0	Ductile Iron	0	112	J-41	124	J-47	-1
47	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	127	P-49	85	0	Ductile Iron	0	124	J-47	126	J-48	-1
48	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	129	P-50	88	0	Ductile Iron	0	126	J-48	128	J-49	-1
49	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	130	P-51	76	0	Ductile Iron	0	128	J-49	96	J-33	-1
50	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	131	P-52	181	0	Ductile Iron	0	124	J-47	49	J-10	-1
51	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	133	P-53	43	0	Ductile Iron	0	63	J-17	132	J-50	-1
52	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	135	P-54	163	0	Ductile Iron	0	132	J-50	134	J-51	-1
53	Polyligne	152	-1	0	0	13	-1	139	P-55	80	0	Ductile Iron	0	137	R-3	138	J-52	-1

Figure III-19 : Table attributaire des conduites

Chapitre IV : Cas d'étude (commune de Bendjerrah)

IV- 1- Introduction :

La commune de **Bendjerrah** est une zone rurale distante de quelques encablures du chef -lieu de wilaya. Elle compte **6 608 habitants**, et son voisinage avec le relief montagneux de **Djebel Maouna** lui confère une grande fraîcheur et des hivers rigoureux. Dans le cadre du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU), **Bendjerrah** a enregistré ces dernières années la réalisation d'un important programme de développement, qui a touché plusieurs secteurs.

Cette commune, mitoyenne de **Djebel Halouf**, se trouve dans la direction privilégiée du plan d'extension de la ville de Guelma qui s'opère en direction de ce site et lui offre un vaste espace foncier constructible. D'importants chantiers et ouvrages sont en cours de réalisation. Des centaines de logements toutes formules confondues, des installations universitaires avec leurs infrastructures d'accompagnement et plusieurs autres projets sont en voie de concrétisation. L'on cite à titre illustratif la réalisation d'une **unité de sécurité** qui sera rattachée à la **DGSN**, un **pénitencier** et une **école de formation** de la **Gendarmerie nationale**.

En effet, dans un contexte de développement économique soutenu et donc d'augmentation progressive des besoins en eau potable, conjointement à l'apparition de nouvelles contraintes pour l'exploitation des ressources existantes et/ou potentielles, la réduction des pertes des volumes non comptabilisés représente un enjeu considérables pour la commune, en vue de pérenniser la gestion des réseaux de distribution aussi bien au centre de **Bendjerrah** qu'au niveau des zones éparses et limiter les prélèvements illicites. De ce fait, la demande progressive en eau potable représente également un enjeu économique important pour l'**APC** en charge de la gestion du réseau.

L'intérêt est donc de pouvoir atteindre :

- Le minima du rendement du réseau d'eau potable fixé à **75%**.
- La mise en place d'un comptage de la production et des consommations.
- La mise en place d'une politique de contrôle permanent de la ressource et de la distribution d'eau de la commune.

IV-3- Situation géographique, administrative :

La ville de « **Bendjerrah** », d'une superficie de **4,49 km²**, est située au sud du chef lieu de la wilaya de **Guelma**.

La commune de « **Bendjerrah** » est limitée :

Au Nord par les communes de **Guelma** et **Madjes-Amar**,

- A l'Est par La commune de **Belkheir**.
- Au Sud par la commune d'**Ain labri**.
- A l'ouest par la commune de **Houari Boumediene** et **Sellaoua Anonna**.

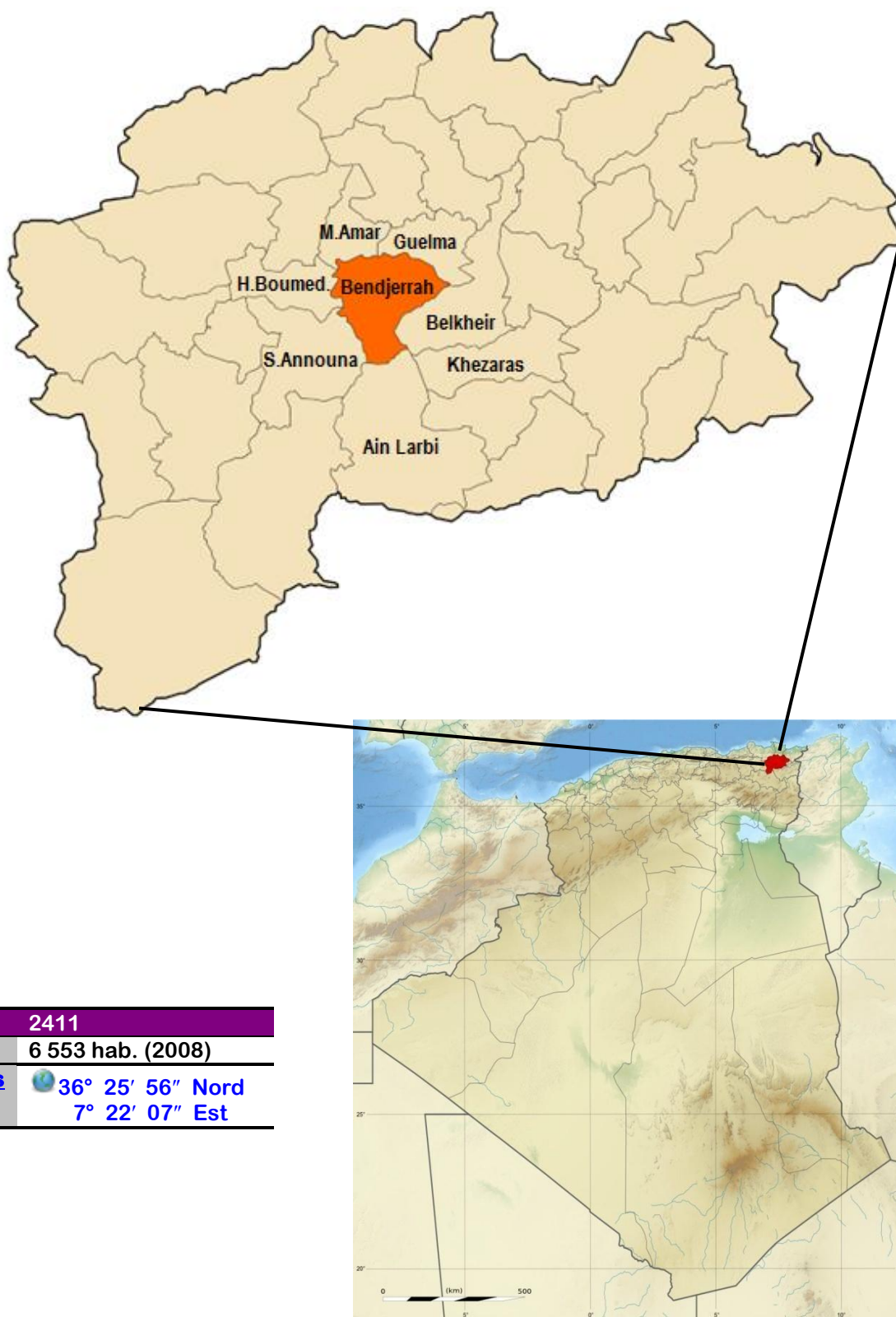


Figure IV-1 : Situation de la commune de Bendjerrah



Figure IV-2 : Photo satellite de la commune de Bendjerrah

IV-4- Description du réseau de Bendjerrah :

Sur le plan Typologique, le réseau de la commune de Bendjerrah est un système de distribution constitué pseudo zones séparées par une panoplie de vannes de distribution, permettant d'alterner les distributions d'une zone vers l'autre.

A l'image de l'organisation et de l'évolution du système urbain, l'APC a développé au cours des dernières décennies un réseau de distribution d'eau potable assez peu structuré et fortement dépendant uniquement des manœuvres et des improvisations des fontainiers.

Le réseau d'AEP centre de Bendjerrah est constitué de **deux (2)** régimes de pression, respectivement, à partir des réservoirs **R3 * 500** et **R 200**. Les réservoirs **R3 X 500 m³** et le réseau d'adduction occupent une place importante dans le système d'approvisionnement en eau des

populations. Leurs défaillances entraînent des perturbations considérables dans l'alimentation en eau des habitants.

Aujourd'hui, avec le vieillissement de certaines conduites en **PVC**, en Acier enrobé et le branchement illicite sur la conduite principale **DN 250** de refoulement vers le réservoir **R3*500** l'ensemble du système avec toutes les installations et potentiellement en danger ; D'autant plus, que la commune de Bendjerrah est en croissance démographique confirmée d'environ **4.6 %** par année ; ce qui nous fait penser à une augmentation du nombre d'habitants à long terme.

Pour pallier ces problèmes, et conformément à la loi sur la distribution de l'eau, les services de l'**APC** souhaitent engager la mise sur pied d'un plan directeur de la distribution de l'eau (**PDDE**), ainsi que la planification de l'approvisionnement en eau potable surtout en temps de crise. A cet effet, la présente étude repose, principalement, sur les grands axes suivants :

- Description du réseau d'adduction et de distribution, incluant une analyse fonctionnelle du réseau existant.
- Modélisation du réseau d'adduction et de distribution,
- Alimentation en eau potable **à long terme**, sachant que le barrage **BOUHAMDANE** (seul ressource disponible actuellement) et tributaire de la pluviométrie de la région, qui s'avère être en déclin ses dernières années.

IV-4-1- Adduction ou production :

La production d'eau se fait à partir de la station de pompage située au niveau des réservoirs (**2*5000 + 1500**) à environ **4 Km** à l'est de **Bendjerrah**, avec une production annuelle moyenne d'environ (**pompage 22h / j**) **354.780 m³ / an**, l'**APC** alimente son réseau de la façon suivante :

- Remplissage du réservoir **R1500** à partir de la station de traitement du barrage **HAMMAM DEBAGH**, correspondant à **100%** de la production totale avec un débit moyen inconnu ;
- L'eau arrive dans l'enceinte du réservoir **R3*500** de **Bendjerrah** par le biais d'une conduite **DN 250 mm** en **PEHD** et en Acier enrobé. La conduite de transport, d'une longueur totale **L = 4291 ml** comprend essentiellement des tuyaux de diamètre nominaux **DN 250 mm**.

❖ **Caractéristiques du refoulement :**

Du point de vue économique, conduite de refoulement et station de pompage sont étroitement liées. Pour un débit connu à une hauteur géométrique donnée, il existe une infinité de solutions qui résultent de l'adaptation de la puissance de la pompe au diamètre et à la nature de la canalisation de refoulement, c'est-à-dire, aux pertes de charge générées qui majoration puissance d'élévation théorique nécessaire.

La conduite de refoulement, en **PEHD** et en **acier**, a un diamètre nominal **DN 250 mm** ; celui-ci devrait être calculé de façon à avoir une vitesse de circulation comprise entre **0.5 < V < 1.5 m/s** lors du pompage.

❖ **Vérification de la vitesse de pompage :**

$$Q = V \cdot S = \pi \cdot D^2 / 4 \implies V = (4Q) / (\pi D^2)$$

✓ **Application numérique :**

$Q = 27.6736667 \text{ l/s} = 0.0276736667 \text{ m}^3/\text{s}$ (valeur maximale mesurée).

$D = 250 \text{ mm} = 0.25 \text{ m}$

D'où : **V = 0.564 m/s**, valeur acceptable pour assurer un refoulement optimal.

En outre, **BRESSE** a proposé l'approche ci-après qui donne le diamètre économique **D (m)**, d'une conduite refoulant un débit **Q (m³/s)**.

$$D = 1.5 (Q)^{1/2} = 1.5 (V.S)^{1/2} \implies V = 0.566 \text{ m/s (vitesse optimal)}$$

IV-4-2- Les composantes du réseau :

Le réseau d'alimentation en eau potable est composé des divers éléments suivants :

- La source d'alimentation
- Le réservoir d'eau potable

- Le réseau de distribution,
- Les accessoires du réseau.

IV-4-2-1- La source d'alimentation :

Notre source est la station de pompage SP1 ; elle délivre un débit moyen $Q = 30$ l/s

❖ Station de pompage :

Tableau IV-1 : Fiche technique de la station de pompage – SP1 -

commune		Bendjerrah
Exploitant – Gestionnaire		ADE
Nom du site		R2 x 5000
Cordonnées : Z (m NGA) = 598.34		
Lambert (II)	X	921 631.67
	Y	359 222.54
UTM (zone 32) NDS 1959	X	356 988.73
	Y	4033799.96
Décimales	Latitude (°N)	36° 26' 29.00'' N
	Longitude (°E)	7° 24' 15.9'' E
Caractéristiques des Pompes	Marque	INVERUNO (Italie)
	Type	IFC 60034 - 1 IP 55 – IM 83
	HMT (m)	162
	Débit max (L/S)	30
	Démarrage	Statorique
	Armoire de commande	75 KW
Dispositif	Date mise en service	-----
	Comptage (Oui / Non)	Oui
	Volume annuel Théorique produit (m³) – 12h/j	473040
Durée annuelle de pompage (h/ans)		8030
Utilisation des eaux (AEP/IRR/AEI)		A.E.P/IRR
Etat des pompes		Bon
Etat actuel de la station de pompage		Exploitée

IV-4-2-2- Les réservoirs d'eau potable :

Le réservoir d'eau potable **R3 x 500** joue un rôle capital dans le réseau de distribution. En effet, il permet de faire face aux variations plus au moins importantes de la demande en eau, d'assurer le volume d'eau nécessaire pour la protection incendie et de faire face à une éventuelle défaillance de l'une des composantes du réseau se situant à l'amont du réservoir (source d'alimentation, usine de traitement, conduite d'adduction).

❖ **Réservoir R3 x500 :****Tableau IV-2 : Fiche technique des réservoirs R3 x 500**

Nom du réservoir : R3x500 Bendjerrah			Localisation : SUD OUEST	
Capacité (m ³)	Type de cuve	Côte radier	Côte trop plein	Année de construction
3x500	Une cuve circulaire semi-enterrée	R ₁ =734,56	739.36	_____
		R ₂ =734,25	739.05	
		R ₃ =736,21	741.01	
Fonctionnement				
Origine de l'alimentation	Mode d'alimentation	Comptage	Télégestion	Commentaires
Station de pompage SP1	Pompage à partir du réservoir R1500	OUI	NON	SP1 fonctionne en continu avec deux heures de pose pour 22 h de marche
Distribution				
Volume incendie	Secteurs desservis			Commentaires
NON	Toute la ville de Bendjerrah			Distribution journalière à partir de 7h30 pendant une heure et demi à 2h répartie sur différents quartiers

❖ **Réservoir R 200:****Tableau IV-3 : Fiche technique du réservoir R200**

Nom du réservoir : R200			Localisation : Centre ville	
Capacité (m ³)	Type de cuve	Côte tn	Côte radier	Année de construction
200	Une cuve circulaire	694.41	693.64	_____
Fonctionnement				
Origine de l'alimentation	Mode d'alimentation	Comptage	Télégestion	Commentaires
R3x500 et SP1	Gravitaire à partir de R3x500+ pompage à partir de SP1	NON	NON	En plus d'être alimenté par les réservoirs R3x500, le R200 est renforcé par un piquage sur la conduite de refoulement à partir de SP1 pendant au moins 5h par jour
Distribution				
Volume incendie	Secteurs desservis			Commentaires
NON	146 Logt, 46logts, partie Sud Est de Bendjerrah...			Distribution journalière à partir de 7h30 pendant une heure et demi à 2h répartie sur différents quartiers

IV-4-2-3- Le réseau de distribution :

A partir de la source d'approvisionnement (station de pompage SP1) localisé, le réseau de canalisation a été tracé suivant le réseau routier.

Le réseau a été projeté suivant les axes de voiries en tenant compte des contraintes de traversées de chaussées lorsque cela s'impose. La démarche suivante a été adoptée :

- Dans chaque maille, les différents types de consommateurs ont été identifiés avant d'estimer les besoins en eau.
- Ensuite ces besoins en eau ont été équitablement répartis aux nœuds de la maille.
- Enfin pour toutes les mailles le bilan aux nœuds a été établi.

En fait, le réseau adopté est un réseau mixte, maillé dans son parcours secondaire et ramifié dans ses branches tertiaires.

❖ Protection contre les incendies :

Pour la lutte contre les incendies, un réseau incendie a été prévu. Les besoins ont été établis sur la base d'un débit d'incendie de **12 l/s** pour une durée de **2 heures**. Ainsi le réseau incendie a été prévu avec comme contraintes, des pressions résiduelles minimales de **20 m.c.e (2.0 bars)** au point de connexion d'un poteau incendie.

Dans les normes, le critère est d'un **(01)** poteau à l'hectare. Mais les contraintes économiques ont amené à fixer forfaitairement le nombre de trois **(03)** poteaux (soit **1** poteau pour chaque secteur de distribution). Ils sont de type **ATLAS PONT A MOUSSON** en fonte ductile, avec prises apparentes. Leur répartition sur le schéma de réseau est faite de façon judicieuses en tenant compte de risques dans les zones sensibles. Ces poteaux d'incendie sont plantés à **(5) mètres** du nœud le plus proche du réseau.

Ainsi, le réseau opté est un réseau maillé et divisé en mailles et nœuds.

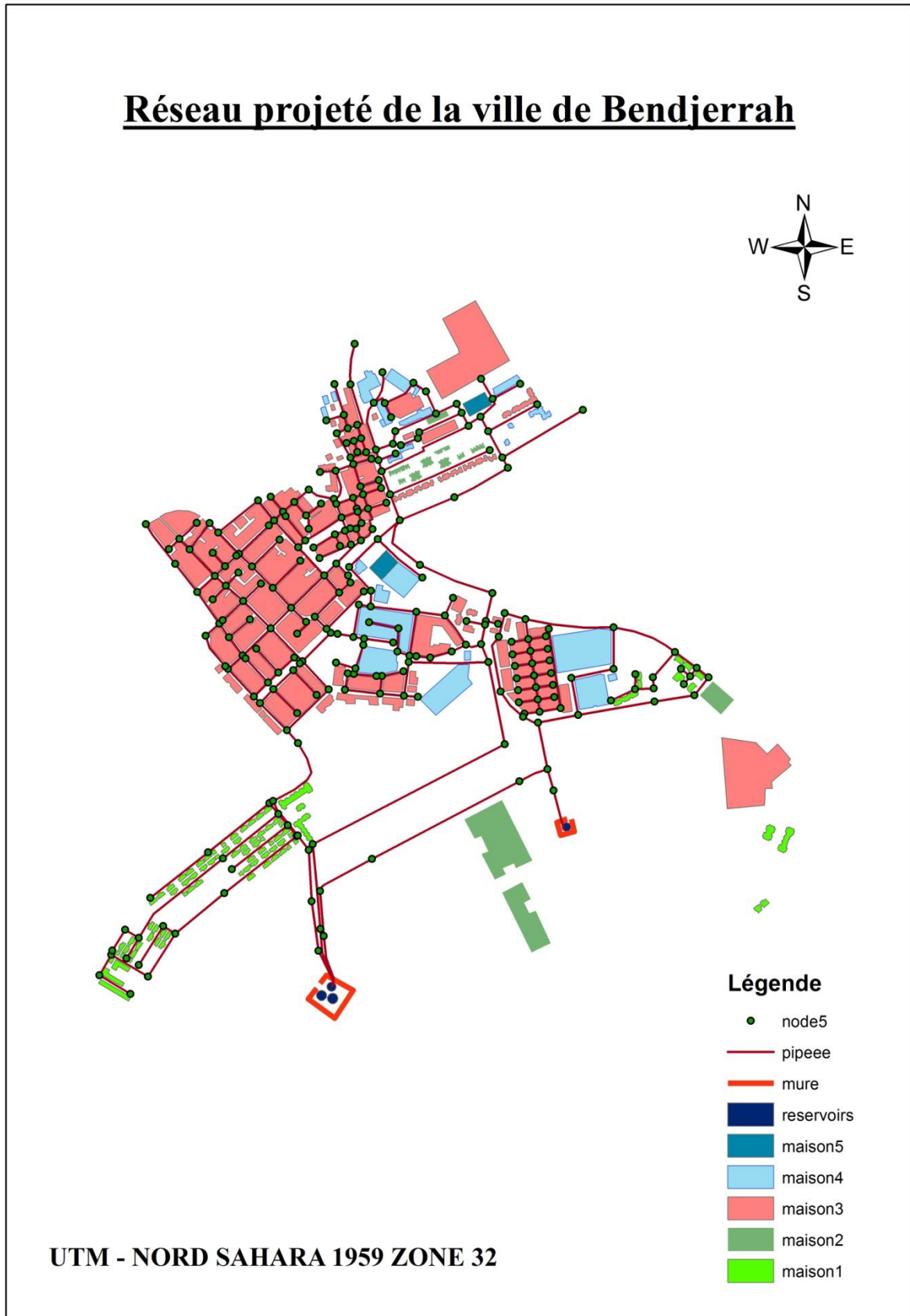


Figure IV-3: réseau projetée de Bendjerrah sous Arc Gis

IV-5- Calcul des besoins :

IV-5-1- Estimation de la population :

Les données du dernier recensement, réalisé par l'ONS en 2008, indique que le nombre d'habitants de la commune de **Bendjerrah** est de l'ordre de **6 553 habitants** jusqu'à avril 2008.

En effet, la commune de **Bendjerrah** a fait l'objet d'un développement important. On observe un taux de croissance démographique important d'environ + **4,6%**. Sur la période **1998-2008**. Ce développement est notamment lié à la multiplication des programmes de développement initiés par l'état ces dernières années et à la fixation de la population dans les zones éparses due à l'accélération et l'abondance de l'habitat rural qui a marqué un palier important ces dernières années.

Pour l'estimation de la population future, nous prenons un horizon de **25** ans et nous adopterons un taux d'accroissement de **4.6 %**. Pour le calcul de la population future nous utiliserons l'hypothèse de croissance géométrique :

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

P_n : population à l'horizon de calcul. (hab)

P_0 : population à l'année du dernier recensement. (hab)

t : taux d'accroissement démographique.

n : nombre d'année séparant l'année du dernier recensement et l'horizon de calcul.

✓ Application :

La population de la base en l'an **2014** et de $P_{2014} = 7124$ ha.

On considère que celle-ci évolue selon un taux d'accroissement de **4,60%**.

Quel sera, alors le nombre d'habitants en **2018, 2043** ?

Tableau IV-4 : Evolution de la population à l'horizon 2044

Population	Horizon		
	2014	2018	2043
	7 124	8 528	26 251

IV-5-2- Estimation des besoins en eau:

Les besoins en eau sont estimés en fonction des ressources en eau disponible, de l'importance de l'agglomération et des extensions, dans une zone urbaine on distingue en général les types de besoins suivants :

IV-5-2-1- Besoin domestique :

L'eau distribuée est généralement établie en fonction de la population desservie ainsi que des usages non – résidentiels et des éventuelles pertes; On l'exprime en litres par habitant par jour (**litre / habitant / jour**)

L'estimation des besoins domestiques en eau potable dépend de l'accroissement démographique et de l'amélioration du niveau de vie.

Pour répondre à toutes sortes de consommation, la dotation moyenne selon la source du plan national de l'eau 1997, pour notre agglomération elle est déduite à partir du tableau :

Tableau IV-5 : Dotation unitaire moyenne

Nombre d'habitants	Demande en eau
> 50 000 habitants	180 l/j/hab.
De 20 000 à 50 000 habitants	160 l/j/hab.
De 10 000 à 20 000 habitants	100 l/j/hab.
< 10 000 habitants	85 l/j/hab.

Source : Plan national d'eau

Pour notre agglomération, elle est déduite à partir du tableau. Donc la dotation moyenne de **Bendjerrah** est égale à **160 l / j / h**.

❖ **Débit moyen journalier:**

La consommation moyenne journalière est le produit de la norme unitaire moyenne journalière (dotation) par le consommateur exprimé en mètre cube par jour :

$$Q_{moy.j} = \frac{P_n.D}{1000} \text{ (m}^3\text{/j) (IV-1)}$$

$Q_{moy.j}$: débit moyenne journalière en ($\text{m}^3\text{/j}$)

P_n : nombre d'habitant.

D : dotation journalière en (l/j/hab) dépend du nombre d'habitants

Donc :

$$Q_{moy.j} = \frac{26251.160}{1000}$$

$Q_{moy.j} = 4200,16 \text{ m}^3 / \text{j}$
--

❖ **Besoin des équipements:**

L'inventaire de tous les équipements (administrations, établissement d'enseignements et médicaux, municipalités, services publics, casernes...etc.) est important pour l'estimation des besoins en eau actuels et futures de la ville de **Bendjerrah**.

Tableau IV-6 : Besoins actuels des équipements

N°	Désignation des équipements	unité	Dotation (l/hab/j)	Nb de consommateur	Débit moyen (m ³ /j)
01	- APC	01	50	60	3
02	- Bureau P.T.T	01	50	20	1
03	- Ecole / CEM	03	10	1200	36
04	- Lycée	01	20	400	8
05	- Mosquée	02	05	500	5
06	- Petits commerce	30	15	50	22,5
07	- Gendarmerie Nationale	01	10	100	1
08	- Ecole de police	01	10	3000	30
09	- Garde communale	01	10	60	0,6
10	- Maison de jeune	01	10	100	1
11	- Salle de soins/PMI	01	10	50	0,5
				Total (m³/ j)	108,6

Besoin des équipements = 108,6 m³ / j

✓ Besoin domestique = 4200,16 m³ / J

✓ Besoin équipements = 108,6 m³ / J

$$Q_{\text{moy},j} = Q_{\text{domestique}} + Q_{\text{équipement}} \dots\dots\dots (IV-2)$$

Q_{moy,j} = 4308,76 m³ / j

❖ Estimation des pertes:

Par le terme ‘**pertes**’, il est désigné la quote-part du volume total introduit dans un réseau de distribution et qui ne peut être considéré dans les calculs de bilan (volume mesuré distribué par rapport au volume mesuré prélevé).

Les pertes se composent essentiellement de deux éléments à savoir : les pertes administratives et les pertes physiques.

- Les pertes administratives concernent surtout:
 - Les prélèvements non comptabilisés des branchements domestiques (manque de compteurs).
 - Le système de facturation au forfait
 - Les prélèvements illégaux.

- Les pertes physiques concernent surtout:

Les fuites dans le réseau d’approvisionnement (joints défectueux des raccordements des tuyaux, conduites et robinetterie, réservoirs non étanches, perforation des conduites, etc.).

Autres prélèvements non rémunérés comme par exemple, prise pour la lutte contre les incendies

- Prélèvements pour travaux d’inspection et entretien du réseau, rinçage des conduites etc.

Le calcul du besoin en eau à fournir pour satisfaire la demande en eau des différents secteurs se fait comme suit : Considérer un taux de perte de **20%**.

$$Q_{pertes} = Q_{max.j} \cdot 20\% \dots\dots\dots (IV-3)$$

$$Q_p = 4308,76 \times 0.2$$

$Q_{pertes} = 861,752 \text{ m}^3 / j$
--

$$\text{Le besoin total} = Q_{domestique} + Q_{équipements} + Q_{pertes} = 4200,16 + 108,6 + 861,752$$

$Q_{m,j.T} = 5170,512 \text{ m}^3 / j$
--

❖ **Débit maximal journalier:**

Le débit maximal journalier est défini comme étant le débit d'une journée où la consommation est maximale pendant une année. Il est donné par la formule suivante :

$$Q_{max.J} = Q_{moy.J} \cdot K_{Jmax} \text{ (m}^3\text{/j)} \dots\dots\dots \text{(IV-4)}$$

$Q_{max.j}$: débit maximum journalier ($\text{m}^3\text{/j}$)

$Q_{moy.j}$: débit moyen journalier ($\text{m}^3\text{/j}$)

K_{Jmax} : facteur de point journalier est varié entre 1.3 et 1.9. Pour notre cas on prend $K_{Jmax}=1.3$

$$Q_{max.j} = 5170,512 \times 1,3$$

$Q_{max.J} = 6721,66 \text{ m}^3 / \text{j}$
--

❖ **Débit moyen horaire:**

Le débit moyen horaire est donné par la formule suivante :

$$Q_{moy.h} = \frac{Q_{max.j}}{24} \text{ (m}^3\text{/h)} \dots\dots\dots \text{(IV-5)}$$

$Q_{moy.h}$: débit moyen horaire en $\text{m}^3\text{/h}$

$Q_{max.j}$: débit maximum journalier en $\text{m}^3\text{/j}$

$$Q_{moy.h} = \frac{6721,66}{24}$$

$Q_{moy.h} = 280,07 \text{ m}^3 / \text{h}$

❖ **Débit maximal horaire:**

Ce débit correspond à un débit de consommation pendant l'heure la plus chargée, et il est donné par la formule suivante :

$$Q_{max.h} = Q_{moy.h} \cdot K_{h.max} \text{ (m}^3\text{/h) (IV-6)}$$

$Q_{max.h}$: débit maximal horaire

$Q_{moy.h}$: débit moyen horaire

$K_{h.max}$: coefficient d'irrégularité horaire maximal qui est donné par :

$$K_{h.max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max} \text{ (IV-6)}$$

α : qui dépend du niveau du confort de degré d'équipement sanitaire. α_{max} varie entre 1.2 et 1.5 d'où on prend : $\alpha_{max} = 1.3$

β : dépend du nombre d'habitations de l'agglomération, sont représentés dans le tableau suivant :

habitants	< 1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	30000	50000	100000
β_{max}	2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.15	1.13	1.10

Pour : 20.000 → 1.2

26.251 → β

30.000 → 1.15

$$20.000 - 30.000 = -10.000 \longrightarrow 1.2 - 1.15 = 0.05$$

$$20.000 - 26.251 = - 6\ 251 \longrightarrow 1.2 - \beta$$

$$\Rightarrow \beta = 1.2 - 6251 \times 0.05 \Rightarrow \beta = 1.2 - \frac{-6251 \times 0.05}{-10.000}$$

$\beta = 1.17$

$$\text{Donc : } K_{h.max} = 1.3 \times 1.17 \Rightarrow$$

$$K_{h.max} = 1.52$$

$$Q_{max.h} = 280,07 \times 1,52$$

$$Q_{max.h} = 425,706 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Après l'étude détaillée des besoins, nous dressons le tableau (IV-7) récapitulatifs pour pouvoir calculer le débit total nécessaire pour l'alimentation des localités.

Tableau IV-7 : Tableau des consommations horaire

$Q_{moy.J} \text{ (m}^3/\text{J)}$	$Q_{max.J} \text{ (m}^3/\text{J)}$	$Q_{moy.h} \text{ (m}^3/\text{h)}$	$Q_{max.h} \text{ (m}^3/\text{h)}$
5170,512	6721,66	280,07	425,706

Le débit de pointe est le débit maximum horaire $Q_{max.h} = 425.706 \text{ m}^3/\text{h}$ c'est-à dire $Q_{max.h} = 118.25 \text{ l/s}$

IV-6- Calcul du réseau :



Figure IV-4 : plan de masse de la ville de Bendjerrah

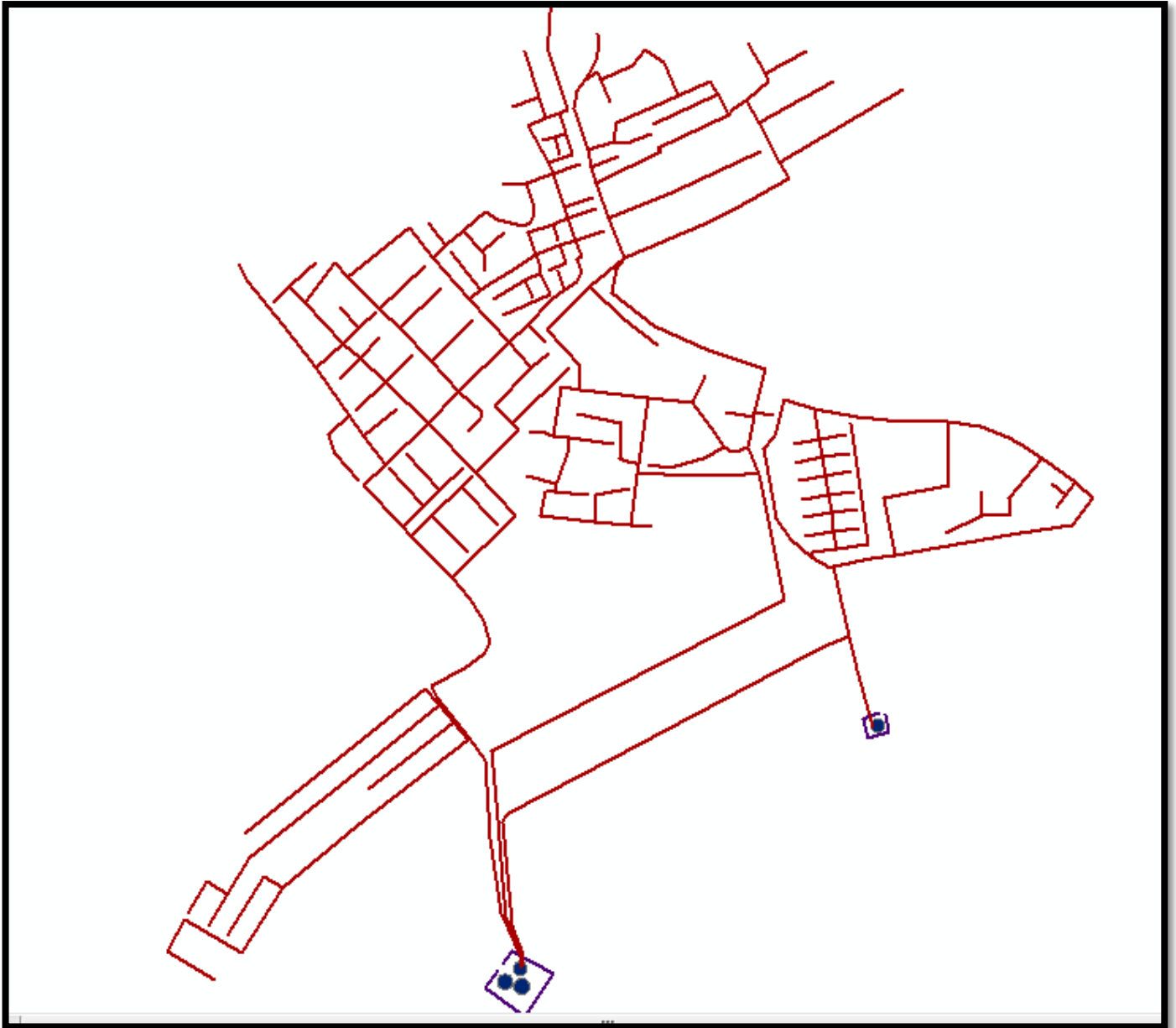


Figure IV-5 : plan du réseau de Bendjerrah

IV-6- 1- Calcul du débit spécifique :

C'est le rapport entre les débits de pointe et la somme des longueurs des tronçons.

$$Q_{sp} = \frac{Q_{pte}}{L_T} \dots\dots\dots (IV-7)$$

Q_{sp} : Débit spécifique en (l/s/m).

Q_{pte} : Débit de pointe en (l/s).

L_T : Longueur totale du réseau en (m).

$L_T = 16317 \text{ m}$

$Q_{sp} = 118.251778 / 16317$

$$Q_{sp} = 0.007247043 \text{ l/s/m}$$

IV-6- 2- débits en route :

Ce débit est le débit réparti uniformément le long d'un réseau et calculé d'après la relation suivante :

$$Q_r = L \times Q_{sp} \dots\dots\dots (IV-8)$$

Q_r : débit en route pour chaque tronçon (l/s)

L : longueur de tronçon (m)

Q_{sp} : Débit spécifique en (l/s/m).

IV-6- 3- Calcul des débits nodaux :

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

$$Q_N = 0.5 \sum Q_{ri} \dots\dots\dots (IV-9)$$

Q_N = débit en nœud (l/s)

Q_{ri} = débit en (l/s) du tronçon numéro (i).

Les résultats obtenus dans l'Annexe N° 1

IV-7- Calcul avec la méthode de Hardy cross : [Annexe N°2]❖ **Réseau maillé :**➤ **Calcul du débit de tronçon :**

Après le calcul des débits aux nœuds, nous pouvons donc faire la répartition arbitraire des débits pour pouvoir déterminer les diamètres et les débits dans chaque tronçon.

➤ **Prédimensionnement des conduites :**

$$D = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} \dots\dots\dots \text{(IV-10)}$$

Respectant la gamme des vitesses (**0.5 – 1.5 m/s**)

D : Les diamètres nominal (m) : 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 160, 200, 250, 315,400...(mm)

S : Surface (m²)

➤ **Calcul de la perte de charges :**

Elle calculée par la formule de **Darcy-Weisbach** :

$$h_1 = \frac{8 \lambda L Q^2}{g \pi^2 D^5} \dots\dots\dots \text{(II-14)}$$

➤ **calcul ΔQ :**

Calcul de la correction **ΔQ** pour chaque maille à l'aide de la relation suivante :

$$\Delta Q = \frac{\sum h_i}{-n \sum \frac{h_i}{Q}} \quad \text{avec } n = 2 \quad \dots\dots\dots \text{(IV-11)}$$

➤ Correction algébrique des débits des conduites de chaque maille **Q_i = Q_{0,i} + ΔQ**.

➤ On répète les même étapes jusqu'à l'obtention de la précision souhaitée : **ΔQ = 0.00** et **∑h_i = 0.00**.

➤ **Correction du débit initial d'une conduite adjacente :**

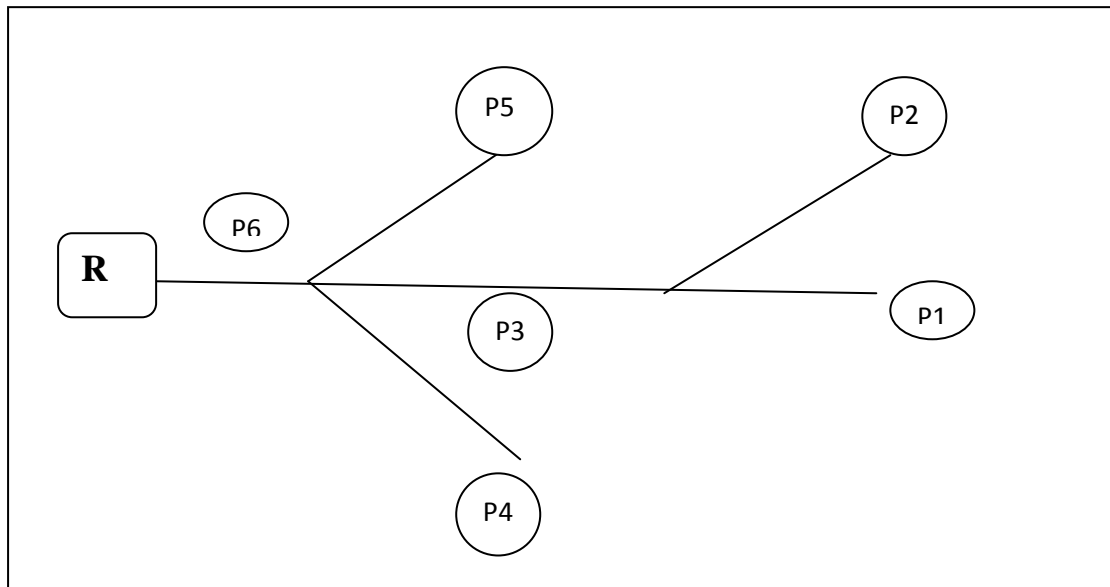
Une conduite adjacente est une conduite commune à deux ou plusieurs mailles. Pour corriger son débit lors des itérations, il faut tenir compte des débits de correction de chaque'une de ces mailles.

Le débit corrigé de cette conduite sera égal :

$$\text{Pour la I}^{\text{ère}} \text{ maille : } Q_{1\text{coregé}} = Q_0 + \Delta Q_{\text{I}} - \Delta Q_{\text{II}}$$

$$\text{Pour la II}^{\text{ème}} \text{ maille : } Q_{1\text{coregé}} = Q_0 + \Delta Q_{\text{II}} - \Delta Q_{\text{I}}$$

❖ **Réseau ramifié :**



$$Q_{P1} = 0,55 \cdot l_1 \cdot Q_S$$

$$Q_{P2} = 0,55 \cdot l_2 \cdot Q_S$$

$$Q_{P3} = 0,55 \cdot l_3 \cdot Q_S + P1 + P2$$

$$Q_{P4} = 0,55 \cdot l_4 \cdot Q_S$$

$$Q_{P5} = 0,55 \cdot l_5 \cdot Q_S$$

$$Q_{P6} = 0,55 \cdot l_6 \cdot Q_S + P4 + P5$$

IV-8- Calcul des pressions de service du réseau (au sol) : [Annexe 2]

En pratique la pression de service est peut être assurée dans une fourchette de **10 - 40 m.c.e ; (1 - 4 bars)** connaissant les côtes des différents tronçons qui se trouvent dans notre réseau, ainsi que leurs pertes de charge nous pouvons déterminer les pressions exercées au sol.

Pour déduire par la suite les pressions au sol P_{si} par la relation suivante :

$$P_{si} = C_{pi} - C_{Ti} \dots\dots\dots (IV-12)$$

Avec :

C_{pi} : Côte piézométrique.

C_{ti} : Côte de terrain naturel du nœud i considéré.

IV-9- Calcul des vitesses :

Pour un débit donné cette vitesse dépend uniquement de la section intérieure du tuyau par conséquent de son diamètre intérieure, elle est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi D^2} \dots\dots\dots (IV-13)$$

V : vitesse (m/s).

Q : débit (m³/s).

D : Les diamètres nominal (m).

S : Surface (m²).

IV-10- Résultats du calcul : [Epanet et WaterCad (Annexe 3)]

1. Analyse de la vitesse :

Tableau IV-7 : comparaison des vitesses

N°	Diametre	Vitesse (Epanat)	Vitesse (waterCAD)
Conduite			
P-2	176,2	1,83	3,12
P-3	176,2	1,81	3,1
P-4	176,2	1,75	3,03
P-5	176,2	1,69	2,97
P-6	141	1,04	1,17
P-8	35,2	0,82	0,79
P-9	35,2	0,66	0,16
P-10	35,2	0,63	0,19
P-11	55,4	0,51	0,14
P-12	55,4	0,52	0,25
P-13	55,4	0,51	0,54
P-14	55,4	0,57	0,83
P-15	55,4	1,12	0,98
P-16	55,4	1,14	1,41
P-17	55,4	1,46	1,71
P-18	55,4	2,18	2,41
P-19	55,4	2,23	2,47
P-20	35,2	1,11	1,48
P-21	79,2	1,41	1,58
P-22	35,2	0,36	0,13
P-23	35,2	0,36	0,13
P-24	35,2	0,54	0,12
P-25	35,2	0,56	0,14
P-26	35,2	0,55	0,13
P-27	35,2	0,55	0,13
P-28	35,2	0,55	0,13
P-29	35,2	0,56	0,13
P-30	35,2	0,55	0,13
P-31	35,2	0,56	0,13
P-32	35,2	0,56	0,13
P-33	35,2	0,56	0,13
P-34	79,2	1,73	1,98

P-35	55,4	0,82	1,03
P-36	55,4	0,68	0,67
P-37	55,4	0,6	0,48
P-38	55,4	0,34	0,36
P-39	55,4	0,44	0,17
P-40	55,4	0,52	0,04
P-41	55,4	0,51	0,03
P-42	55,4	0,51	0,03
P-43	55,4	0,5	0,54
P-44	55,4	0,37	0,41
P-45	55,4	0,26	0,32
P-46	55,4	0,52	0,05
P-47	55,4	0,53	0,08
P-48	79,2	0,38	0,44
P-49	79,2	0,9	1
P-50	79,2	0,95	1,12
P-51	79,2	1,08	1,24
P-52	44	0,5	0,37
P-53	66	0,49	0,39
P-54	66	0,59	0,17
P-55	44	1,55	3,41
P-56	96,8	1,47	3,42
P-57	66	0,47	0,05
P-58	141	1,63	0,14
P-59	141	1,63	0,24
P-60	79,2	0,46	0,38
P-61	79,2	0,56	0,16
P-62	79,2	0,47	0,07
P-63	79,2	0,42	0,04
P-64	79,2	0,18	0,1
P-65	79,2	0,48	0,03
P-66	79,2	0,44	0,36
P-67	79,2	0,71	0,64
P-68	79,2	0,54	0,47
P-69	79,2	0,37	0,34
P-70	79,2	0,66	0,11
P-71	79,2	0,53	1,27
P-72	79,2	0,35	0,11
P-73	79,2	0,65	1,52
P-74	79,2	1,35	0,97
P-75	79,2	0,52	0,73
P-76	79,2	1,63	2,65
P-77	79,2	1,07	2,81

P-78	79,2	0,81	2,75
P-79	110,2	1,48	2,71
P-80	141	1,72	1,81
P-81	141	1,66	1,76
P-82	141	1,62	1,13
P-83	141	1,71	1,1
P-84	141	1,66	0,16
P-85	141	1,05	1,04
P-87	141	1,04	1,02
P-88	55,4	0,68	0,98
P-89	141	0,97	0,36
P-90	141	0,95	0,05
P-91	141	0,92	0,05
P-92	141	0,46	0,31
P-93	55,4	0,66	0,15
P-95	55,4	0,45	0,05
P-96	66	1,29	1,61
P-97	55,4	0,44	0,18
P-98	55,4	0,52	1,21
P-99	55,4	1,52	0,18
P-100	44	1,08	0,82
P-101	55,4	1,35	0,2
P-102	44	0,91	0,43
P-103	55,4	0,92	0,37
P-104	44	0,52	0,2
P-105	55,4	0,48	0,05
P-106	66	0,93	0,98
P-107	66	0,61	0,55
P-108	55,4	1,21	0,06
P-109	79,2	1,92	0,65
P-110	79,2	0,55	0,5
P-111	55,4	0,77	0,56
P-112	66	0,64	0,43
P-113	55,4	0,44	0,08
P-114	44	0,44	0,08
P-115	35,2	0,19	0,09
P-116	44	0,89	0,67
P-117	55,4	0,42	0,09
P-118	44	0,64	0,1
P-119	96,8	0,69	0,09
P-120	44	0,54	0,57
P-121	79,2	1,13	0,05
P-122	44	0,81	0,72

P-123	55,4	0,66	0,82
P-124	44	0,66	0,67
P-125	55,4	0,75	0,69
P-127	55,4	0,66	0,09
P-128	44	0,76	1,73
P-129	79,2	0,92	1,31
P-130	44	0,31	0,04
P-131	55,4	1,66	0,11
P-132	66	1,25	0,04
P-133	55,4	0,94	1,47
P-134	55,4	0,52	1,69
P-135	55,4	0,44	0,51
P-136	66	1,44	0,95
P-137	55,4	1,64	0,14
P-138	79,2	0,53	0,03
P-139	55,4	0,98	0,02
P-140	55,4	0,86	0,7
P-141	55,4	0,44	0,15
P-142	55,4	0,43	0,37
P-143	55,4	0,7	0,77
P-144	44	0,4	0,35
P-145	55,4	0,37	0,05
P-146	44	0,79	0,1
P-147	55,4	0,39	0,39
P-148	55,4	0,46	0,12
P-149	55,4	0,51	0,07
P-150	55,4	1,43	2,43
P-151	55,4	1,14	1,76
P-152	44	0,83	1,51
P-153	44	1,08	1,4
P-154	44	1,47	1,13
P-155	44	1,36	0,1
P-156	44	1,24	0,78
P-157	44	1,01	0,63
P-158	44	0,41	0,26
P-159	44	0,62	0,1
P-160	44	0,48	0,32
P-161	44	0,55	2,36
P-162	44	0,56	2,31
P-163	44	0,5	2,24
P-164	96,8	1,98	2,05
P-165	96,8	1,93	1,82
P-166	96,8	1,85	0,53

P-167	96,8	1,65	1,55
P-168	96,8	1,39	1,07
P-169	44	0,47	0,73
P-170	96,8	1,3	1,09
P-171	55,4	0,87	0,84
P-172	55,4	0,58	0,94
P-173	55,4	0,83	0,77
P-174	66	0,61	0,72
P-175	44	0,74	1,01
P-176	55,4	0,66	0,05
P-177	66	0,7	1,07
P-178	96,8	0,94	0,06
P-179	55,4	0,43	0,14
P-180	96,8	0,99	0,14
P-181	55,4	0,54	0,88
P-182	55,4	0,59	0,7
P-183	55,4	0,56	0,81
P-184	55,4	0,72	0,05
P-185	66	0,56	0,99
P-186	66	0,66	0,1
P-187	55,4	0,49	0,59
P-188	66	0,84	0,98
P-189	55,4	0,51	0,13
P-190	96,8	0,53	0,07
P-191	66	0,73	0,05
P-192	96,8	0,87	1,3
P-193	66	0,63	0,53
P-194	66	0,66	0,58
P-195	44	1,19	0,93
P-196	44	0,63	1,52
P-197	44	0,53	0,71
P-198	44	0,76	0,12
P-199	96,8	1,16	0,69
P-200	44	0,52	0,1
P-201	44	0,45	1,17
P-202	44	0,56	0,26
P-203	44	0,66	0,06
P-204	44	0,69	0,05
P-205	35,2	1,9	0,65
P-206	76,2	0,71	1,7
P-207	44	0,58	0,89
P-208	55,4	0,82	0,93
P-209	55,4	0,56	0,45

P-210	79,2	0,49	0,54
P-211	66	0,89	1,1
P-212	55,4	0,68	0,55
P-213	35,2	0,77	0,02
P-214	55,4	0,55	0,07
P-215	55,4	0,58	0,07
P-216	35,2	1,12	1,09
P-217	35,2	0,5	0,1
P-218	96,8	0,81	0,38
P-219	55,4	0,61	0,1
P-220	55,4	0,63	0,07
P-221	55,4	1,96	1,22
P-222	55,4	0,56	0,28
P-223	55,4	0,86	0,7
P-224	55,4	1,58	0,42
P-225	55,4	0,68	0,51
P-226	55,4	0,59	0,08
P-227	55,4	0,68	1,9
P-228	55,4	0,54	0,03
P-229	55,4	0,66	0,39
P-236	96,8	1,45	0,05
P-237	141	1,92	0,07
P-238	141	1	1,03
P-239	141	1,08	0,38
P-240	141	1,08	0,78
P-241	110,2	1,45	0,09
P-242	35,2	1,24	0,07
P-243	35,2	0,82	1,87
P-244	35,2	0,49	0,05
P-245	66	1,5	0,06
P-246	44	0,8	1,53
P-247	35,2	0,56	0,63
P-248	35,2	0,54	0,26
P-249	79,2	1,12	0,07
P-250	55,4	1,5	0,04
P-251	55,4	1,96	0,25
P-252	96,8	1,57	0,1
P-253	44	1,28	1,25
P-255	35,2	0,86	1,92
P-256	66	0,95	2,43
P-257	110,2	0,62	2,71
P-258	55,4	1,05	3
P-259	79,2	1,1	2,78

P-260	55,4	0,59	2,18
P-261	55,4	1,8	2,32
P-262	55,4	1,85	2,42
P-263	110,2	0,55	2,42
P-264	55,4	1,6	1,62
P-265	110,2	0,87	0,68
P-266	110,2	0,92	0,39
P-267	176,2	0,54	0,11
P-268	176,2	0,54	4,19
P-269	44	1,12	0,09
P-270	44	0,61	0,14
P-271	66	0,62	0,09
P-272	66	0,68	2,49
P-273	66	0,63	2,92
P-274	44	0,99	2,36
P-275	55,4	0,62	1,84
P-276	55,4	0,72	2,5
P-277	55,4	0,81	0,57
P-278	55,4	0,57	0,4
P-279	96,8	1,16	0,14
P-280	35,2	0,51	0,14
P-281	35,2	0,78	0,08
P-282	96,8	0,64	0,11
P-283	96,8	0,52	0,3
P-284	55,4	0,44	0,11
P-285	141	1,69	0,59
P-286	44	0,72	0,28
P-287	44	1,28	3,67
P-288	141	2,02	3,68
P-289	141	2,03	3,68
P-290	141	2,03	3,68

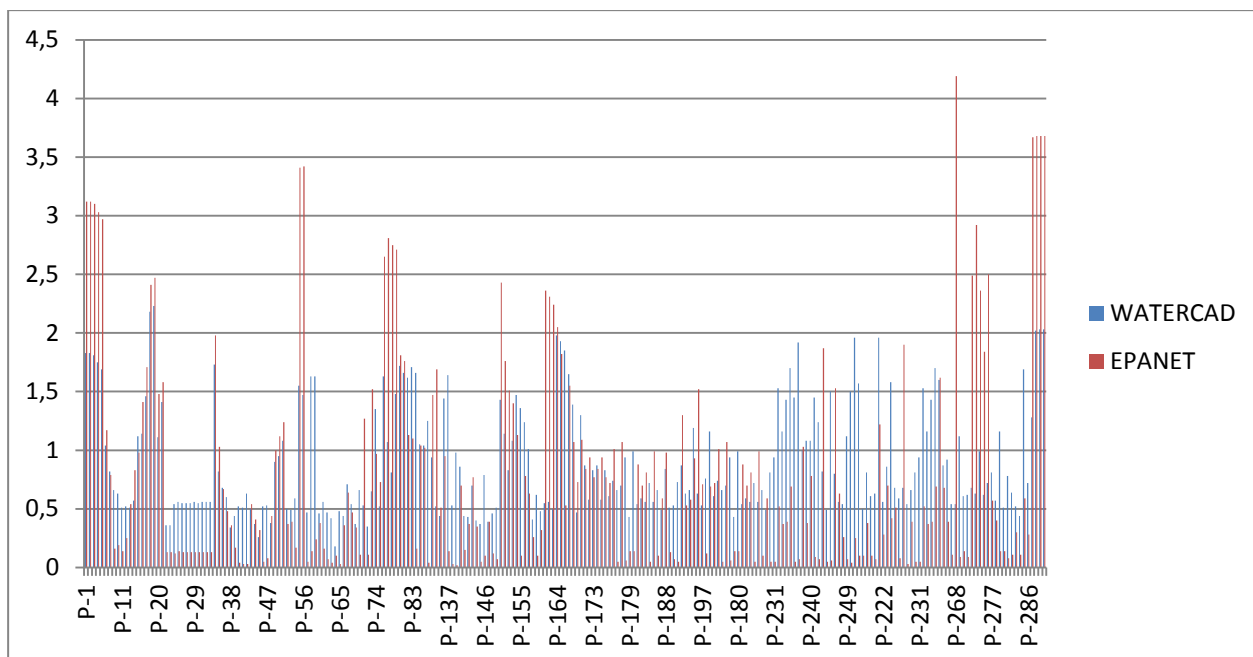


Figure IV-6 : Résultats de la comparaison des vitesses entre les 2 méthodes de calcul

IV-11- Résultats du calcul : [Epanet et WaterCad (Annexe 3)]**1. Analyse de la pression :****Tableau IV-8 : comparaison des pressions**

Les noeuds	Pression (mce)	
	Epanat	WATRCAD
J-1	40,39	33
J-2	35,24	29
J-3	30,06	27
J-4	30,71	19
J-5	21,29	13
J-6	26,82	18
J-7	28,76	14
J-8	33,9	18
J-9	37	20
J-10	36,4	19
J-11	33,54	18
J-12	30,9	16
J-13	28,48	13
J-14	26,41	12
J-15	25,4	11
J-16	26	12
J-17	27,07	14
J-18	29,26	19
J-20	29,95	20
J-21	25,96	12
J-22	25,27	11
J-23	25,89	12
J-24	25,88	12
J-25	25,83	11
J-26	27,04	12
J-27	28,41	13
J-28	28,72	14
J-29	31,18	16
J-30	31,13	16
J-31	34,15	18
J-32	32,82	17
J-33	26,54	16
J-34	29,98	14

J-35	29,94	15
J-36	32,41	17
J-37	32,04	17
J-38	30,9	16
J-39	30,85	16
J-40	30,22	15
J-41	32,3	17
J-42	28,09	13
J-43	27,79	13
J-44	26,87	12
J-45	27	12
J-46	26,57	11
J-47	33,45	19
J-48	27,83	13
J-49	26,75	14
J-50	26,58	14
J-51	26,81	24
J-52	18,45	13
J-53	26,26	25
J-54	33,15	29
J-55	31,21	25
J-56	19,93	14
J-57	13,99	10
J-58	22,01	15
J-59	26,21	26
J-60	32,45	28
J-61	33,94	10
J-62	32,21	8
J-63	30,71	7
J-64	22,25	18
J-65	26,78	22
J-66	29,4	25
J-67	21,94	19
J-68	31,97	28
J-69	22,53	21
J-70	18,81	15
J-71	20,49	12
J-72	12,17	9
J-73	20,98	14
J-74	26,61	18
J-75	21,47	15
J-76	24,09	15
J-77	25,89	18

J-79	29,8	21
J-81	37,21	25
J-83	34,52	12
J-84	33,08	21
J-85	34,97	33
J-86	35,58	21
J-87	34,68	20
J-88	31,65	12
J-89	28,72	23
J-91	27,61	25
J-92	31,17	26
J-93	33,54	23
J-94	29,67	25
J-95	30,24	14
J-96	29,57	10
J-97	29,79	9
J-98	30,55	25
J-99	37,24	19
J-100	30,11	24
J-101	32,11	35
J-102	35,68	26
J-103	37,14	12
J-104	35,18	18
J-105	34,66	29
J-106	30,58	25
J-107	32,26	19
J-108	34,32	23
J-109	31,22	32
J-110	27,19	19
J-111	30,31	16
J-112	29	17
J-113	30,72	19
J-114	29,56	20
J-115	31,62	14
J-116	32,13	14
J-117	31,72	14
J-118	32,6	24
J-119	32,7	29
J-120	31,32	15
J-121	30,23	21
J-122	33,63	19
J-123	33,94	19
J-165	19,43	11

J-166	20,54	18
J-167	21,57	13
J-168	20,75	14
J-169	18,94	12
J-170	18,76	11

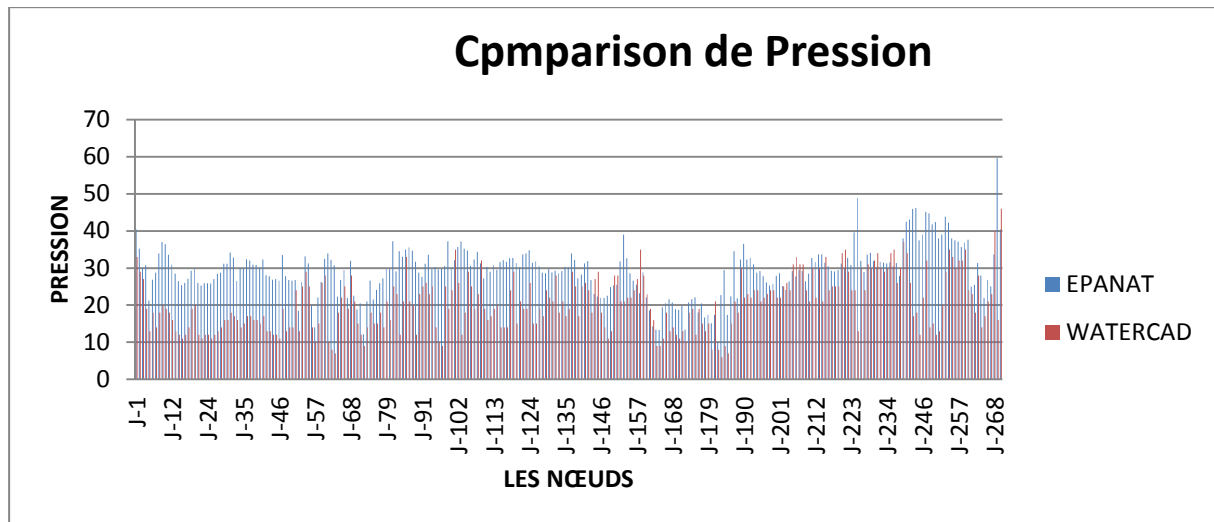


Figure IV-7 : Résultats de la comparaison pression entre les 2 méthodes de calcul

Conclusion de cette comparaison :

Ces graphes et tableaux montrent une comparaison des vitesses et des pressions de l'apanet et water cad

on remarque que la majorité des vitesses et des pressions calculées par water cad sont moins élevées que celles calculées par epanet .

conclusion :

La simulation du réseau avec **Epanet et Water CAD** nous donne les mêmes résultats pour la simple raison que les méthodes de calcul appliquées au calcul numérique sont les mêmes (méthode Newton et Todini).

Conclusion générale

Le présent travail traite la possibilité d'utiliser le programme de **Water CAD et Epanet** pour calculer des réseaux maillé selon les démarches décrites au chapitre II avec un procédé itératif jusqu'à l'équilibre des mailles et le respect des deux lois de **Hardy-Croos**. Cette méthode pour l'équilibrage d'un réseau d'alimentation d'eau potable converge bien.

Une méthodologie de mise en place du **SIG** pour ce réseau est élaborée consistant en un couplage d'un **SIG (ARC GIS)**, à un code de calcul des deux logiciels pour bénéficier d'un environnement performant de modélisation. Le réseau d'AEP de la ville de Bendjerrah est tracé sous **ARC Gis**.

A travers cette étude, on a présenté le calcul des réseaux de distribution, depuis l'estimation des besoins en eau jusqu'au dimensionnement du réseau.

La simulation du réseau avec **Epanet et Water CAD** nous donne les mêmes résultats pour la simple raison que les méthodes du calcul appliqué au calcul numérique sont les mêmes (méthode Newton et todini).

La comparaison des résultats de simulation est à vérifier lorsque nous introduisons les schémas hydrauliques.

Le but de la simulation permet de gérer le réseau dans les conditions hydraulique satisfaisons (vitesse, pression) et sectorialiser un réseau.

Au terme de notre étude on peut conclure l'importance de la réalisation d'un réseau d'alimentation d'eau potable, en se basant sur plusieurs critères dépendant du nombre d'habitation actuel et future, extension future du plan d'urbanisation, la nature de terrain, la qualité et la quantité d'eau à distribuée, et aussi en respectant les normes de réalisation d'un réseau d'AEP, donc arrivant à l'objectif de notre recherche.

Conclusion générale

Créer un réseau d'AEP est une dépense d'investissement importante ce qui nécessite l'entretien, l'exploitation et la gestion qui restent les nécessités fondamentales pour qu'il soit fonctionnel et durable.

MAILLE 01 :

<i>N • MAILLE</i>	<i>Nœud</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Qr</i>	ΣQr	<i>Qn</i>
MAILL 01	J-1	P-1			
		P-2			
	J-2	P-2		0,91314114	0,4565706
		P-3	0,91314114		
	J-3	P-3	0,91314114	3,36992563	1,6849628
		P-4	2,45678449		
	J-4	P-4	2,45678449	2,90610791	1,453054
		P-5	0,44932342		
	j-5	P-6	0,69572658	1,47117184	0,7355859
		P-56	0,32612184		
		P-5	0,44932342		
	J-6	P-21	0,24640316	1,54364335	0,7718217
		P-34	0,60151361		
		P-6	0,69572658		
	J-7	P-8	0,84791677	1,34797025	0,6739851
		P-20	0,50005348		
	J-8	P-8	0,84791677	1,21027437	0,6051372
		P-9	0,3623576		
	J-9	P-9	0,3623576	0,67398513	0,3369926
		P-10	0,31162753		
	J-10	P-10	0,31162753	1,92049525	0,96024763
		P-11	0,29713323		
		P-52	1,31173449		
	J-11	P-11	0,29713323	0,98561266	0,49280633
		P-12	0,17393165		
		P-32	0,26089747		
	J-12	P-33	0,25365032		
		P-12	0,17393165	0,88415253	0,44207627
		P-13	0,1811788		
		P-30	0,26089747		
J-13	P-31	0,26814462			
	P-13	0,1811788	0,87690538	0,43845269	
	P-14	0,1811788			
	P-28	0,25365032			
J-14	P-29	0,26089747			
	P-14	0,1811788	0,86965823	0,43482911	
	P-15	0,17393165			
	P-26	0,25365032			
J-15	P-27	0,26089747			
	P-15	0,17393165	0,87690538	0,43845269	
	P-16	0,1811788			
		P-22	0,26814462		

Annexe 01 : Calcul des débits de nœud

		P-23	0,25365032		
J-16		P-16	0,1811788	0,89139968	0,44569984
		P-17	0,1811788		
		P-24	0,24640316		
		P-25	0,28263892		
J-17		P-17	0,1811788	0,71746804	0,35873402
		P-18	0,22466171		
		P-53	0,31162753		
J-18		P-18	0,22466171	0,27539177	0,13769589
		P-19	0,05073006		
J-20		P-19	0,05073006	0,79718671	0,39859335
		P-20	0,50005348		
		P-21	0,24640316		
J-21		P-22	0,26814462	0,26814462	0,13407231
J-22		P-23	0,25365032	0,25365032	0,12682516
J-23		P-24	0,24640316	0,24640316	0,12320158
J-24		P-25	0,28263892	0,28263892	0,14131946
J-25		P-26	0,25365032	0,25365032	0,12682516
J-26		P-27	0,26089747	0,26089747	0,13044873
J-27		P-28	0,25365032	0,25365032	0,12682516
J-28		P-29	0,26089747	0,26089747	0,13044873
J-29		P-30	0,26089747	0,26089747	0,13044873
J-30		P-31	0,26814462	0,26814462	0,13407231
J-31		P-32	0,26089747	0,26089747	0,13044873
J-32		P-33	0,25365032	0,25365032	0,12682516
J-33		P-34	0,60151361	2,2901	1,14505
		P-35	1,13780285		
		P-51	0,55078354		
J-34		P-35	1,13780285	1,7320693	0,86603465
		P-36	0,59426646		
J-35		P-36	0,59426646	0,92763544	0,46381772
		P-37	0,33336899		
J-36		P-37	0,33336899	0,5580307	0,27901535
		P-38	0,22466171		
J-37		P-38	0,22466171	0,77544525	0,38772263
		P-39	0,15943734		
		P-42	0,3913462		
J-38		P-39	0,15943734	0,48555918	0,24277959
		P-40	0,17393165		
		P-41	0,15219019		
J-39		P-40	0,17393165	0,17393165	0,08696582
J-40		P-41	0,15219019	0,15219019	0,07609509
J-41		P-42	0,3913462	1,87701234	0,93850617
		P-43	0,49280633		
		P-48	0,99285981		

Annexe 01 : Calcul des débits de nœud

J-42	P-43	0,49280633	0,65224367	0,32612184
	P-44	0,15943734		
J-43	P-44	0,15943734	0,43482911	0,21741456
	P-45	0,27539177		
J-44	P-45	0,27539177	0,89139968	0,44569984
	P-46	0,22466171		
	P-47	0,3913462		
J-45	P-46	0,22466171	0,22466171	0,11233085
J-46	P-47	0,3913462	0,3913462	0,1956731
J-47	P-48	0,99285981	2,92060222	1,46030111
	P-49	0,61600791		
	P-52	1,31173449		
J-48	P-49	0,61600791	1,25375728	0,62687864
	P-50	0,63774937		
J-49	P-50	0,63774937	1,18853291	0,59426646
	P-51	0,55078354		
J-50	P-53	0,31162753	1,49291329	0,74645665
	P-54	1,18128576		
J-51	P-54	1,18128576	1,18128576	0,59064288
J-52	P-55	0,32612184	0,32612184	0,16306092
	P-56			
	Σ MAILLE1	45,5845855	45,5845855	22,7922927

MAILLE 02 :

<i>N • MAILLE</i>	<i>Nœud</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Q_r</i>	<i>ΣQ_r</i>	<i>Q_n(l/s)</i>
MAILL 02	J-53	P-57	0,529042089	0,52904209	0,264521044
	J-54	P-57	0,529042089	0,87690538	0,43845269
		P-58	0,347863291		
	J-55	P-58	0,347863291	0,97836551	0,489182753
		P-59	0,630502215		
	J-56	P-59	0,630502215	1,37695886	0,688479431
		P-60	0,746456646		
	J-57	P-60	0,746456646	1,89150665	0,945753323
		P-61	0,210167405		
		P-75	0,934882595		
	J-58	P-61	0,210167405	0,88415253	0,442076266
		P-62	0,673985127		
	J-59	P-62	0,673985127	0,67398513	0,336992563
	J-60	P-63	0,355110443	0,35511044	0,177555222
	J-61	P-63	0,355110443	0,5870193	0,293509652
		P-64	0,231908861		
	J-62	P-64	0,231908861	2,29734715	1,148673576
		P-65	0,347863291		
		P-66	1,717575		
	J-63	P-65	0,347863291	0,34786329	0,173931646
	J-64	P-66	1,717575	2,76116487	1,380582437
		P-67	1,043589874		
	J-65	P-67	1,043589874	1,46392468	0,731962342
		P-68	0,202920253		
		P-71	0,217414557		
	J-66	P-68	0,202920253	1,36246456	0,681232279
		P-69	1,159544304		
	J-67	P-69	1,159544304	2,23936994	1,119684969
		P-70	1,079825633		
	J-68	P-70	1,079825633	1,07982563	0,539912817
J-69	P-71	0,217414557	1,46392468	0,731962342	
	P-72	1,043589874			
	P-73	0,202920253			
J-70	P-72	1,043589874	1,04358987	0,521794937	
J-71	P-73	0,202920253	1,57263196	0,786315981	
	P-74	1,355217405			
	P-76	0,014494304			
J-72	P-74	1,355217405	2,2901	1,14505	
	P-75	0,934882595			
J-73	P-76	0,014494304	0,91314114	0,45657057	
	P-77	0,630502215			
	P-287	0,26814462			

J-74	P-77	0,630502215	1,82628228	0,913141139
	P-78	1,195780064		
J-75	P-78	1,195780064	1,44218323	0,721091614
	P-79	0,246403165		
J-76	P-79	0,246403165	1,66684494	0,833422469
	P-80	0,855163924		
	P-210	0,565277848		
J-77	P-80	0,855163924	1,42044177	0,710220886
	P-81	0,565277848		
J-78	P-81	0,565277848	1,83352943	0,916764715
	P-221	0,673985127		
	P-82	0,594266456		
J-79	P-82	0,594266456	0,68123228	0,340616139
	P-83	0,086965823		
J-80	P-83	0,086965823	1,10881424	0,55440712
	P-84	0,775445253		
	P-85	0,246403165		
J-81	P-84	0,775445253	0,77544525	0,387722627
J-82	P-85	0,246403165	0,7537038	0,376851899
	P-87	0,507300633		
J-83	P-91	0,224661709	0,22466171	0,112330854
J-84	P-87	0,507300633	1,06533133	0,532665665
	P-88	0,333368987		
	P-91	0,224661709		
J-85	P-88	0,333368987	1,82628228	0,913141139
	P-89	0,246403165		
	P-106	0,565277848		
	P-92	0,681232279		
J-86	P-89	0,246403165	0,99285981	0,496429905
	P-90	0,246403165		
	P-133	0,500053481		
J-87	P-90	0,246403165	0,24640316	0,123201582
J-88	P-92	0,681232279	1,81178798	0,905893988
	P-93	0,30438038		
	P-96	0,398593355		
	P-205	0,427581962		
J-89	P-93	0,30438038	0,52904209	0,264521044
	P-95	0,224661709		
J-91	P-95	0,224661709	0,22466171	0,112330854
J-92	P-96	0,398593355	1,40594747	0,702973734
	P-97	0,565277848		
	P-98	0,442076266		
J-93	P-97	0,565277848	0,56527785	0,282638924
J-94	P-98	0,442076266	1,27549873	0,637749367

		P-99	0,565277848		
		P-100	0,26814462		
	J-95	P-99	0,565277848	0,56527785	0,282638924
	J-96	P-100	0,26814462	1,31173449	0,655867247
		P-101	0,60876076		
		P-102	0,434829114		
	J-97	P-101	0,60876076	0,60876076	0,30438038
	J-98	P-102	0,434829114	1,37695886	0,688479431
		P-103	0,753703798		
		P-234	0,188425949		
	J-99	P-103	0,753703798	1,1305557	0,565277848
		P-104	0,376851899		
	J-100	P-104	0,376851899	1,08707279	0,543536393
		P-105	0,529042089		
		P-107	0,181178798		
	J-101	P-105	0,529042089	1,23926297	0,619631487
		P-106	0,565277848		
		P-199	0,144943038		
	J-102	P-107	0,181178798	0,68123228	0,340616139
		P-108	0,282638924		
		P-109	0,217414557		
	J-103	P-108	0,282638924	0,28263892	0,141319462
	J-104	P-109	0,217414557	0,76095095	0,380475475
		P-110	0,282638924		
		P-202	0,260897468		
	J-105	P-110	0,282638924	0,68847943	0,344239715
		P111	0,405840506		
	J-106	P111	0,405840506	0,87690538	0,43845269
		P-112	0,471064874		
	J-107	P-112	0,471064874	0,97836551	0,489182753
		P-113	0,231908861		
		P-114	0,275391772		
	J-108	P-113	0,231908861	0,23190886	0,11595443
	J-109	P-114	0,275391772	1,00010696	0,500053481
		P-115	0,275391772		
		P-116	0,340616139		
		P-134	0,108707279		
	J-110	P-115	0,275391772	0,27539177	0,137695886
	J-111	P-116	0,340616139	0,7537038	0,376851899
		P-117	0,289886076		
		P-118	0,123201582		
	J-112	P-117	0,289886076	0,28988608	0,144943038
	J-113	P-118	0,123201582	0,78269241	0,391346203
		P-119	0,282638924		
		P-120	0,15219019		

		P-126	0,224661709		
J-114		P-119	0,282638924	0,28263892	0,141319462
J-115		P-120	0,15219019	0,57977215	0,289886076
		P-121	0,166684494		
		P-122	0,260897468		
J-116		P-121	0,166684494	0,16668449	0,083342247
J-117		P-122	0,260897468	0,47831203	0,239156013
		P-123	0,217414557		
J-118		P-123	0,217414557	1,30448734	0,652243671
		P-124	0,253650317		
		P-247	0,202920253		
		P-201	0,630502215		
J-119		P-124	0,253650317	0,5870193	0,293509652
		P-125	0,159437342		
		P-131	0,173931646		
J-120		P-125	0,159437342	1,01460127	0,507300633
		P-126	0,224661709		
		P-127	0,282638924		
		P-128	0,347863291		
J-121		P-127	0,282638924	0,28263892	0,141319462
J-122		P-128	0,347863291	0,59426646	0,297133228
		P-129	0,246403165		
J-123		P-129	0,246403165	0,9348826	0,467441298
		P-130	0,188425949		
		P-133	0,500053481		
J-124		P-130	0,188425949	0,18842595	0,094212975
J-125		P-131	0,173931646	0,3623576	0,181178798
		P-132	0,188425949		
J-126		P-132	0,188425949	0,18842595	0,094212975
J-127		P-134	0,108707279	0,76095095	0,380475475
		P-135	0,246403165		
		P-143	0,405840506		
J-128		P-135	0,246403165	0,46381772	0,231908861
		P-136	0,217414557		
J-129		P-136	0,217414557	0,53628924	0,26814462
		P-137	0,11595443		
		P-140	0,202920253		
J-130		P-137	0,11595443	0,39859335	0,199296677
		P-138	0,166684494		
		P-139	0,11595443		
J-131		P-138	0,166684494	0,16668449	0,083342247
J-132		P-139	0,11595443	0,11595443	0,057977215
J-133		P-140	0,202920253	1,02184842	0,510924209
		P-141	0,144943038		
		P-147	0,673985127		

J-134	P-141	0,144943038	0,53628924	0,26814462
	P-142	0,181178798		
	P-144	0,210167405		
J-135	P-142	0,181178798	0,5870193	0,293509652
	P-143	0,405840506		
J-136	P-144	0,210167405	0,9493769	0,474688449
	P-145	0,26814462		
	P-146	0,471064874		
J-137	P-145	0,26814462	0,26814462	0,13407231
J-138	P-146	0,471064874	0,47106487	0,235532437
J-139	P-147	0,673985127	1,27549873	0,637749367
	P-148	0,601513608		
J-140	P-148	0,601513608	0,60151361	0,300756804
J-195	P-206	0,572525	1,20302722	0,601513608
	P-207	0,297133228		
	P-225	0,333368987		
J-196	P-207	0,297133228	0,85516392	0,427581962
	P-208	0,558030696		
J-197	P-208	0,558030696	0,97836551	0,489182753
	P-209	0,130448734		
	P-216	0,289886076		
J-198	P-209	0,130448734	0,97836551	0,489182753
	P-210	0,565277848		
	P-211	0,282638924		
J-199	P-211	0,282638924	1,18853291	0,594266456
	P-212	0,405840506		
	P-215	0,500053481		
J-200	P-212	0,405840506	1,04358987	0,521794937
	P-213	0,137695886		
	P-214	0,500053481		
J-201	P-213	0,137695886	0,13769589	0,068847943
J-202	P-214	0,500053481	0,50005348	0,250026741
J-203	P-215	0,500053481	0,50005348	0,250026741
J-204	P-216	0,289886076	0,99285981	0,496429905
	P-217	0,492806329		
	P-218	0,210167405		
J-205	P-217	0,492806329	0,49280633	0,246403165
J-206	P-218	0,210167405	1,01460127	0,507300633
	P-219	0,478312025		
	P-220	0,326121836		
J-207	P-219	0,478312025	0,47831203	0,239156013
J-208	P-220	0,326121836	0,32612184	0,163060918
J-209	P-222	0,543536393	0,54353639	0,271768196
J-210	P-222	0,543536393	0,81168101	0,405840506
	P-223	0,26814462		

J-211	P-227	0,565277848	1,07982563	0,539912817
	P-223	0,26814462		
	P-224	0,246403165		
J-212	P-224	0,246403165	0,98561266	0,492806329
	P-225	0,333368987		
	P-226	0,405840506		
J-213	P-226	0,405840506	0,40584051	0,202920253
J-214	P-227	0,565277848	1,44218323	0,721091614
	P-228	0,355110443		
	P-238	0,521794937		
J-215	P-228	0,355110443	1,3262288	0,663114399
	P-229	0,210167405		
	P232	0,543536393		
	P-246	0,217414557		
J-216	P-229	0,210167405	0,70297373	0,351486867
	P-230	0,224661709		
	P-231	0,26814462		
J-217	P-230	0,224661709	0,22466171	0,112330854
J-218	P-231	0,26814462	0,26814462	0,13407231
J-219	P-232	0,543536393	1,24651013	0,623255063
	P-233	0,485559177		
	P-235	0,217414557		
J-220	P-233	0,485559177	0,67398513	0,336992563
	P-234	0,188425949		
J-221	P-235	0,217414557	0,78269241	0,391346203
	P-236	0,217414557		
	P-237	0,347863291		
J-222	P-236	0,217414557	0,21741456	0,108707279
J-223	P-237	0,347863291	0,34786329	0,173931646
J-224	P-238	0,521794937	1,25375728	0,626878639
	P-239	0,731962342		
J-225	P-239	0,731962342	0,73196234	0,365981171
J-226	P-240	0,572525	1,69583354	0,847916772
	P-241	0,413087658		
	P-242	0,369604747		
	P-243	0,340616139		
J-227	P-241	0,413087658	0,41308766	0,206543829
J-228	P-242	0,369604747	0,36960475	0,184802373
J-229	P-243	0,340616139	1,10881424	0,55440712
	P-244	0,26814462		
	P-245	0,282638924		
	P-246	0,217414557		
J-230	P-244	0,26814462	0,26814462	0,13407231
J-231	P-245	0,282638924	0,28263892	0,141319462
J-232	P-247	0,202920253	0,57977215	0,289886076

Annexe 01 : Calcul des débits de nœud

		P-248	0,159437342		
		P-251	0,217414557		
J-233		P-248	0,159437342	0,71746804	0,358734019
		P-249	0,369604747		
		P-250	0,188425949		
J-234		P-249	0,369604747	0,36960475	0,184802373
J-235		P-250	0,188425949	0,18842595	0,094212975
J-236		P-251	0,217414557	0,72471519	0,362357595
		P-252	0,507300633		
J-237		P-252	0,507300633	0,50730063	0,253650317
J-189		P-199	0,144943038	1,23201582	0,616007912
		P-200	0,45657057		
		P-201	0,630502215		
J-190		P-200	0,45657057	0,45657057	0,228285285
J-191		P-202	0,260897468	0,7537038	0,376851899
		P-203	0,282638924		
		P-204	0,210167405		
J-192		P-203	0,282638924	0,28263892	0,141319462
J-193		P-204	0,210167405	0,21016741	0,105083703
J-194		P-205	0,427581962	2,24661709	1,123308545
		P-240	0,572525		
		P-221	0,673985127		
		P-206	0,572525		
J-268		P-287	0,26814462	0,26814462	0,13407231
		P-288			
J-269		P-288			
		P-289			
J-270		P-289			
		P-290			
		Σ MAILLE2	115,1137608	115,113761	57,55688039

MAILLE 03:

<i>N • MAILLE</i>	<i>Nœud</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Q_r</i>	ΣQ_r	<i>Q_n(l/s)</i>
Maille 03	J-141	P-149	0,210167405	0,21016741	0,105083703
	J-142	P-285	0,500053481	1,06533133	0,532665665
		P-149	0,210167405		
		P-150	0,355110443		
	J-143	P-150	0,355110443	1,13780285	0,568901424
		P-151	0,521794937		
		P-283	0,260897468		
	J-144	P-151	0,521794937	0,7681981	0,384099051
		P-152	0,246403165		
	J-145	P-152	0,246403165	0,33336899	0,166684494
		P-153	0,086965823		
	J-146	P-153	0,086965823	0,50005348	0,250026741
		P-154	0,079718671		
		P-284	0,333368987		
	J-147	P-154	0,079718671	0,74645665	0,373228323
		P-155	0,297133228		
		P-156	0,369604747		
	J-148	P-155	0,297133228	0,29713323	0,148566614
	J-149	P-156	0,369604747	0,46381772	0,231908861
		P-157	0,094212975		
	J-150	P-157	0,094212975	0,68847943	0,344239715
		P-158	0,159437342		
		P-280	0,434829114		
	J-151	P-158	0,159437342	0,88415253	0,442076266
		P-159	0,485559177		
		P-281	0,239156013		
	J-152	P-159	0,485559177	0,65949082	0,329745411
		P-160	0,173931646		
	J-153	P-160	0,173931646	1,07982563	0,539912817
		P-161	0,231908861		
		P-276	0,673985127		
	J-154	P-161	0,231908861	0,70297373	0,351486867
P-162		0,471064874			
J-155	P-162	0,471064874	1,05808418	0,529042089	
	P-163	0,587019304			
J-156	P-163	0,587019304	1,88425949	0,942129747	
	P-164	0,427581962			
	P-286	0,869658228			
J-157	P-164	0,427581962	2,57998608	1,289993038	
	P-165	0,405840506			
	P-196	0,869658228			
	P-253	0,87690538			
J-158	P-165	0,405840506	2,37706582	1,188532912	
	P-166	1,608867722			

		P-167	0,362357595		
J-159		P-166	1,608867722	1,60886772	0,804433861
J-160		P-167	0,362357595	2,01470823	1,007354114
		P-168	1,48566614		
		P-177	0,166684494		
J-161		P-168	1,48566614	1,92774241	0,963871203
		P-169	0,217414557		
		P-188	0,224661709		
J-162		P-169	0,217414557	1,05808418	0,529042089
		P-170	0,15219019		
		P-180	0,688479431		
J-163		P-170	0,15219019	0,49280633	0,246403165
		P-171	0,340616139		
J-164		P-171	0,340616139	1,34797025	0,673985127
		P-172	0,652243671		
		P-181	0,355110443		
J-165		P-172	0,652243671	0,84066962	0,42033481
		P-173	0,188425949		
J-166		P-173	0,188425949	0,572525	0,2862625
		P-174	0,26814462		
		P-179	0,11595443		
J-167		P-174	0,26814462	1,1595443	0,579772152
		P-175	0,159437342		
		P-187	0,731962342		
J-168		P-175	0,159437342	0,59426646	0,297133228
		P-176	0,26814462		
		P-177	0,166684494		
J-169		P-176	0,26814462	0,26814462	0,13407231
J-170		P-178	0,275391772	0,27539177	0,137695886
J-171		P-178	0,275391772	0,3913462	0,195673101
		P-179	0,11595443		
J-172		P-180	0,688479431	0,68847943	0,344239715
J-173		P-181	0,355110443	0,57977215	0,289886076
		P-182	0,224661709		
J-174		P-182	0,224661709	0,7537038	0,376851899
		P-183	0,529042089		
J-175		P-183	0,529042089	0,98561266	0,492806329
		P-184	0,231908861		
		P-185	0,224661709		
J-176		P-184	0,231908861	0,23190886	0,11595443
J-177		P-185	0,224661709	1,44218323	0,721091614
		P-186	0,485559177		
		P-187	0,731962342		
J-178		P-186	0,485559177	0,48555918	0,242779589
J-179		P-188	0,224661709	0,82617532	0,413087658

	P-189	0,362357595		
	P-192	0,239156013		
J-180	P-189	0,362357595	1,16679146	0,583395728
	P-190	0,463817722		
	P-191	0,340616139		
J-181	P-190	0,463817722	0,46381772	0,231908861
J-182	P-191	0,340616139	0,34061614	0,17030807
J-183	P-192	0,239156013	1,5074076	0,753703798
	P-193	0,442076266		
	P-198	0,826175317		
J-184	P-193	0,442076266	1,99296677	0,996483386
	P-194	0,173931646		
	P-197	1,376958861		
J-185	P-194	0,173931646	1,07982563	0,539912817
	P-195	0,905893988		
J-186	P-195	0,905893988	1,77555222	0,887776108
	P-196	0,869658228		
J-187	P-197	1,376958861	1,37695886	0,688479431
J-188	P-198	0,826175317	0,82617532	0,413087658
J-238	P-253	0,87690538	2,02195538	1,01097769
	P-255	1,14505		
J-239				
J-240	P-255	1,14505	1,56538481	0,782692405
	P-256	0,42033481		
J-241	P-256	0,42033481	0,66673797	0,333368987
	P-257	0,057977215		
	P-271	0,188425949		
J-242	P-257	0,057977215	0,62325506	0,311627532
	P-258	0,289886076		
	P-270	0,275391772		
J-243	P-258	0,289886076	0,81168101	0,405840506
	P-259	0,282638924		
	P-264	0,239156013		
J-244	P-259	0,282638924	2,68869335	1,344346677
	P-260	1,232015823		
J-245	P-272	1,174038608	4,42076266	2,21038133
	P-260	1,232015823		
	P-261	3,188746836		
J-246	P-261	3,188746836	3,18874684	1,594373418
	P-262			
J-247	P-262			
	P-263			
J-248	P-264	0,239156013	1,00010696	0,500053481
	P-265	0,231908861		
	P-268	0,529042089		

Annexe 01 : Calcul des débits de nœud

J-249	P-265	0,231908861	0,5580307	0,279015348
	P-266	0,326121836		
J-250	P-266	0,326121836	0,53628924	0,26814462
	P-267	0,210167405		
J-251	P-267	0,210167405	0,21016741	0,105083703
J-252	P-268	0,529042089	1,24651013	0,623255063
	P-269	0,289886076		
	P-275	0,427581962		
J-253	P-269	0,289886076	0,28988608	0,144943038
J-254	P-270	0,275391772	0,27539177	0,137695886
J-255	P-271	0,188425949	0,18842595	0,094212975
J-256	P-272	1,174038608	1,76830506	0,884152532
	P-273	0,094212975		
	P-285	0,500053481		
J-257	P-273	0,094212975	0,9348826	0,467441298
	P-274	0,652243671		
	P-277	0,188425949		
J-258	P-274	0,652243671	1,75381076	0,87690538
	P-275	0,427581962		
	P-276	0,673985127		
J-259	P-277	0,188425949	0,52904209	0,264521044
	P-278	0,340616139		
J-260	P-278	0,340616139	0,78269241	0,391346203
	P-279	0,442076266		
J-261	P-279	0,442076266	0,44207627	0,221038133
J-262	P-280	0,434829114	0,43482911	0,217414557
J-263	P-281	0,239156013	0,23915601	0,119578006
J-264	P-282	0,326121836	0,32612184	0,163060918
J-265	P-282	0,326121836	0,5870193	0,293509652
	P-283	0,260897468		
J-266	P-284	0,333368987	0,33336899	0,166684494
J-267	P-286	0,869658228	0,86965823	0,434829114
	Σ MAILL3	75,80520887	75,8052089	37,90260444

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

1^{er} itération :

Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit l/s	D m	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	Q' (l/s)
01	2	P19	7	-9,6	0,14	0,04	-0,04	4,32	0,009	-9,75
	2	P18	31	-6,86	0,11	0,05	-0,35	51,37		-7,01
	2	P17	25	-5,17	0,08	0,05	-0,96	185,02		-5,32
	2	P16	25	-4,46	0,08	0,05	-0,69	155,33		-4,61
	2	P15	24	-3,76	0,07	0,06	-1,30	346,20		-3,91
	2	P14	25	-3,07	0,06	0,06	-2,34	760,86		-3,22
	2	P13	25	-2,38	0,06	0,06	-1,40	589,85		-2,53
	2	P12	24	-1,68	0,06	0,06	-0,67	399,71		-1,83
	2	P11	41	-0,95	0,04	0,08	-4,35	4578,99		-1,10
		P20	69	2,6	0,07	0,06	1,79	688,27		2,61
		P8	117	1,93	0,06	0,06	4,32	2238,57		1,94
		P9	50	1,32	0,06	0,06	0,86	654,29		1,33
	P10	43	0,98	0,04	0,08	4,85	4954,00	0,99		
							$\Sigma =$	-0,28	15606,79	
02	1	P19	7	9,6	0,10	0,05	0,31	32,60	0.16	9,75
	1	P18	31	6,86	0,10	0,05	0,71	103,18		7,01
	1	P17	25	5,17	0,08	0,05	0,96	185,02		5,32
	1	P16	25	4,46	0,08	0,05	0,71	159,61		4,61
	1	P15	24	3,76	0,07	0,06	1,30	346,20		3,91
	1	P14	25	3,07	0,06	0,06	2,34	760,86		3,22
	1	P13	25	2,38	0,06	0,06	1,40	589,85		2,53
	1	P12	24	1,68	0,04	0,07	2,35	1400,23		1,83
	1	P11	41	0,95	0,04	0,08	4,35	4578,99		1,10
		P34	83	-7,51	0,11	0,05	-1,13	150,56		-7,35
		P21	34	10	0,14	0,04	-0,22	-21,88		10,16
	3	P49	85	-3,27	0,08	0,05	-1,30	397,89		-3,14
	3	P50	88	-3,9	0,10	0,05	-0,65	166,51		-3,77
	3	P51	76	-4,5	0,10	0,05	-0,75	165,93		-4,37
	P52	181	-0,97	0,04	0,08	-20,02	20640,11	-0,81		
							$\Sigma =$	-9,63	29655,67	
03	2	P49	85	3,27	0,07	0,06	3,49	1066,35	0,03	3,14
	2	P51	76	4,5	0,08	0,05	2,20	489,57		4,37
	2	P50	88	3,9	0,07	0,06	5,14	1316,68		3,77
		P35	157	-1,87	0,07	0,06	-2,11	1126,36		-1,84
		P36	82	-1	0,04	0,07	-2,85	2847,70		-0,97
		P37	46	-0,54	0,04	0,08	-1,58	2920,21		-0,51
		P38	31	-0,29	0,02	0,10	-5,27	18189,07		-0,26
		P42	54	-1,68	0,04	0,07	-5,29	3150,53		-1,65
		P48	137	2,77	0,07	0,06	4,03	1455,91		2,80

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

$\Sigma =$	-2,24	32562,37
------------	--------------	-----------------

2^{ème} itération :

Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit l/s	D m	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	$Q' (l/s)$
01	2	P19	7	-9,75	0,1102	0,05	-0,16	16,49	-0,04	-9,85
	2	P18	31	-7,01	0,0968	0,05	-0,74	105,49		-7,11
	2	P17	25	-5,32	0,0792	0,05	-1,01	190,52		-5,42
	2	P16	25	-4,61	0,0792	0,05	-0,76	165,11		-4,71
	2	P15	24	-3,91	0,0792	0,05	-0,53	134,45		-4,01
	2	P14	25	-3,22	0,066	0,06	-1,00	309,18		-3,32
	2	P13	25	-2,53	0,0554	0,06	-1,59	627,91		-2,63
	2	P12	24	-1,83	0,044	0,07	-2,80	1528,21		-1,93
	2	P11	41	-1,10	0,044	0,07	-1,73	1571,28		-1,20
		P20	69	2,61	0,066	0,06	1,80	690,62		2,57
		P8	117	1,94	0,066	0,06	1,69	870,31		1,90
		P9	50	1,33	0,044	0,07	3,07	2307,50		1,29
	P10	43	0,99	0,0352	0,08	4,94	4998,97	0,95		
							$\Sigma =$	1,17	13516,03	
02	1	P19	7	9,75	0,1102	0,05	0,16	16,49	0,06	9,85
	1	P18	31	7,01	0,0968	0,05	0,74	105,49		7,11
	1	P17	25	5,32	0,0968	0,05	0,34	64,57		5,42
	1	P16	25	4,61	0,0792	0,05	0,76	165,11		4,71
	1	P15	24	3,91	0,066	0,06	1,41	360,34		4,01
	1	P14	25	3,22	0,066	0,06	1,00	309,18		3,32
	1	P13	25	2,53	0,0554	0,06	1,59	627,91		2,63
	1	P12	24	1,83	0,044	0,07	2,80	1528,21		1,93
	1	P11	41	1,10	0,0352	0,08	5,87	5319,06		1,20
		P34	83	-7,35	0,1102	0,05	-1,08	147,30		-7,29
		P21	34	10,16	0,141	0,04	-0,23	-22,24		10,22
	3	P49	85	-3,14	0,0792	0,05	-1,20	382,31		-3,09
	3	P50	88	-3,77	0,0968	0,05	-0,61	161,04		-3,72
	3	P51	76	-4,37	0,0968	0,05	-0,70	161,21		-4,32
	P52	181	-0,81	0,0352	0,08	-13,88	17183,65	-0,75		
							$\Sigma =$	-3,02	26509,63	
03	2	P49	85	3,14	0,066	0,06	3,22	1024,60	0,0039	3,09
	2	P51	76	4,37	0,066	0,06	5,57	1274,75		4,32
	2	P50	88	3,77	0,066	0,06	4,80	1273,46		3,72
		P35	157	-1,84	0,0554	0,06	-5,24	2856,96		-1,83
		P36	82	-0,97	0,0352	0,08	-8,99	9308,31		-0,96
		P37	46	-0,51	0,028	0,09	-4,86	9604,78		-0,50
		P38	31	-0,26	0,021	0,10	-4,10	16031,16		-0,25
		P42	54	-1,65	0,0554	0,06	-1,45	880,94		-1,64

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

		P48	137	2,80	0,0554	0,06	10,68	3808,81		2,81
						$\Sigma=$	-0,36	46063,76		

12^{ème} et dernière étirassions :

Maill e	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit l/s	D m	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	Q' (l/s)	
001	2	P19	7	-9,99	0,11	0,05	-0,17	16,89	0,00	-9,98	
	2	P18	31	-7,25	0,10	0,05	-0,79	109,04		-7,24	
	2	P17	25	-5,56	0,08	0,05	-1,11	198,98		-5,55	
	2	P16	25	-4,85	0,08	0,05	-0,84	173,57		-4,84	
	2	P15	24	-4,15	0,07	0,06	-1,59	382,11		-4,14	
	2	P14	25	-3,46	0,07	0,06	-1,15	331,85		-3,45	
	2	P13	25	-2,77	0,06	0,06	-1,90	686,49		-2,76	
	2	P12	24	-2,07	0,06	0,06	-1,02	492,48		-2,06	
	2	P11	41	-1,34	0,04	0,07	-2,56	1907,82		-1,33	
			P20	69	2,63	0,07	0,06	1,83		696,31	2,64
			P8	117	1,96	0,06	0,06	4,46		2273,82	1,97
			P9	50	1,35	0,04	0,07	3,17		2344,82	1,36
		P10	43	1,01	0,04	0,07	1,52	1508,82	1,02		
						$\Sigma=$	-0,14	11122,98			

02	1	P19	7	9,99	0,11	0,05	0,17	16,89	0,00	9,98	
	1	P18	31	7,25	0,10	0,05	0,79	109,04		7,24	
	1	P17	25	5,56	0,08	0,05	1,11	198,98		5,55	
	1	P16	25	4,85	0,08	0,05	0,84	173,57		4,84	
	1	P15	24	4,15	0,07	0,06	1,59	382,11		4,14	
	1	P14	25	3,46	0,07	0,06	1,15	331,85		3,45	
	1	P13	25	2,77	0,06	0,06	1,90	686,49		2,76	
	1	P12	24	2,07	0,06	0,06	1,02	492,48		2,06	
	1	P11	41	1,34	0,04	0,07	2,56	1907,82		1,33	
			P34	83	-7,09	0,11	0,05	-1,01		142,13	-7,09
			P21	34	10,42	0,14	0,04	-0,24		-22,80	10,42
	3	P49	85	-3,77	0,08	0,05	-1,73	458,83		-3,77	
	3	P50	88	-4,40	0,10	0,05	-0,83	187,89		-4,40	
	3	P51	76	-5,00	0,10	0,05	-0,92	184,40		-5,00	
		P52	181	-0,55	0,04	0,08	-6,43	11696,94	-0,55		
						$\Sigma=$	-0,04	16946,60			

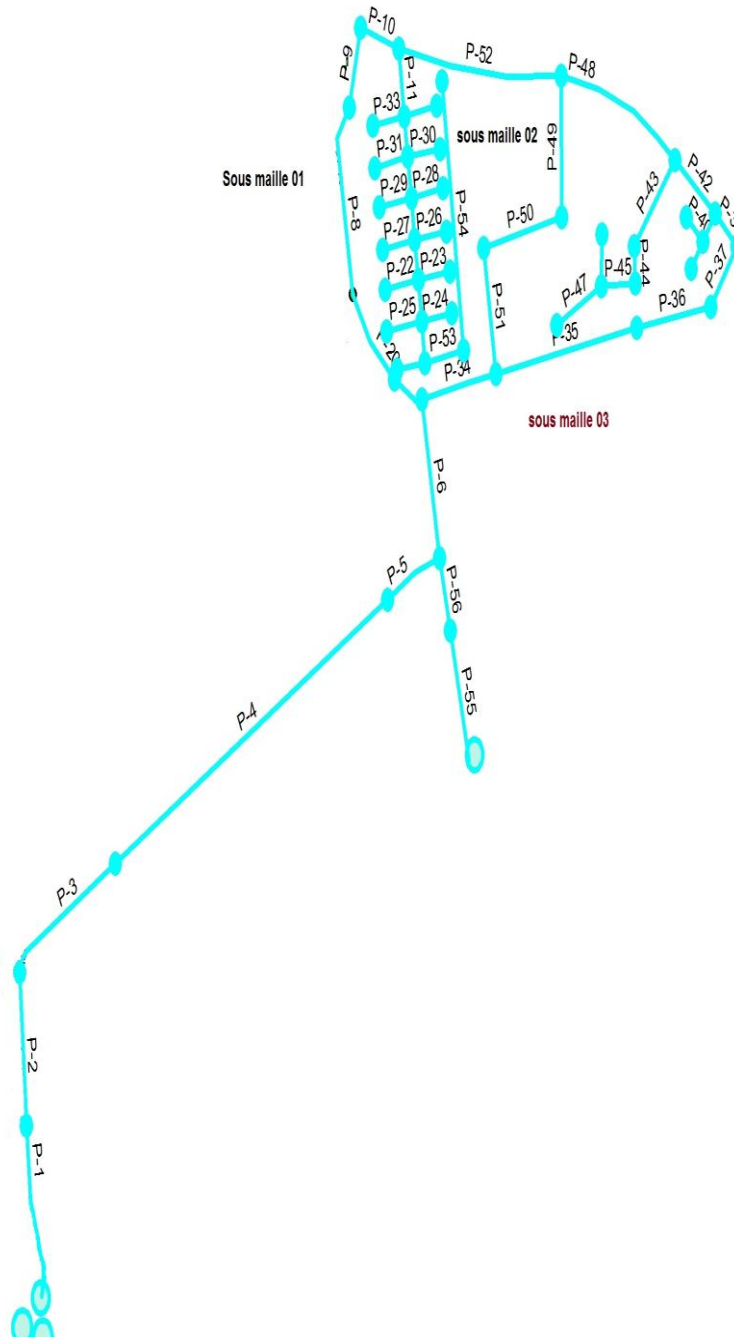
03	2	P49	85	3,77	0,07	0,06	4,64	1229,68	0,00	3,77	
	2	P51	76	5,00	0,08	0,05	2,72	544,06		5,00	
	2	P50	88	4,40	0,08	0,05	2,44	554,38		4,40	
			P35	157	-0,95	0,04	0,07	-4,91		5173,49	-0,94
			P36	82	-0,08	0,02	0,12	-4,69		59426,16	-0,07

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	P37	46	0,38	0,03	0,09	-2,76	-7240,43	0,39
	P38	31	0,63	0,04	0,08	-1,45	-2300,10	0,64
	P42	54	-0,76	0,04	0,08	-3,66	4817,48	-0,75
	P48	137	3,69	0,07	0,06	7,16	1940,06	3,70
			$\Sigma =$	-0,50		64144,78		

Réseau maille :

MAILLE 01



Maille 01 :

Sous Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit (l/s)	D in (m)	Dex (mm)
1	2	P19	7	-9,98474622	0,1102	125
	2	P18	31	-7,24474622	0,0968	110
	2	P17	25	-5,55474622	0,0792	90
	2	P16	25	-4,84474622	0,0792	90
	2	P15	24	-4,14474622	0,066	75
	2	P14	25	-3,45474622	0,066	75
	2	P13	25	-2,76474622	0,0554	63
	2	P12	24	-2,06474622	0,0554	63
	2	P11	41	-1,33474622	0,044	50
		P20	69	2,63660727	0,066	75
		P8	117	1,96660727	0,0554	63
		P9	50	1,35660727	0,044	50
		P10	43	1,01660727	0,044	50
2	1	P19	7	9,98474622	0,1102	125
	1	P18	31	7,24474622	0,0968	110
	1	P17	25	5,55474622	0,0792	90
	1	P16	25	4,84474622	0,0792	90
	1	P15	24	4,14474622	0,066	75
	1	P14	25	3,45474622	0,066	75
	1	P13	25	2,76474622	0,0554	63
	1	P12	24	2,06474622	0,0554	63
	1	P11	41	1,33474622	0,044	50
		P34	83	-7,08864651	0,1102	125
		P21	34	10,4213535	0,141	160
	3	P49	85	-3,77371198	0,0792	90
	3	P50	88	-4,40371198	0,0968	110
	3	P51	76	-5,00371198	0,0968	110
		P52	181	-0,54864651	0,0352	40
3	2	P49	85	3,77371198	0,066	75
	2	P51	76	5,00371198	0,0792	90
	2	P50	88	4,40371198	0,0792	90
		P35	157	-0,94493453	0,044	50
		P36	82	-0,07493453	0,016	20
		P37	46	0,38506547	0,028	32
		P38	31	0,63506547	0,0352	40
	P42	54	-0,75493453	0,0352	40	

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

		P48	137	3,69506547	0,066	75
--	--	-----	-----	------------	-------	----

Maille 02

1^{er} étirassions :

Sous Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit l/s	D m	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	Q' (l/s)
1	3	P206	79	1,65	0,055	0,06	2,22	1344,09	-0,08	1,73
		P207	41	10,25	0,141	0,04	0,28	27,04		10,17
		P208	77	10,68	0,141	0,04	0,57	52,92		10,60
	P209	18	12,83	0,141	0,04	0,19	14,86	12,75		
	P210	78	15	0,141	0,04	1,13	75,29	14,92		
	P80	118	-26,46	0,1762	0,04	-	60,97	-26,54		
	P81	78	-25,75	0,2204	0,04	-	11,87	-25,83		
	2	P221	93	-9,83	0,1102	0,05	2,17	220,81		-10,36
							$\Sigma =$	0,29	1807,87	
2		P82	82	-15	0,141	0,04	-	79,16	-0,45	-15,45
		P83	12	-14,66	0,141	0,04	-	11,32		-15,11
		P85	34	-13,72	0,141	0,04	-	30,02		-14,17
		P87	70	-13,34	0,141	0,04	-	60,09		-13,79
		P88	46	-12,69	0,141	0,04	-	37,57		-13,14
	5	P92	94	2,71	0,0792	0,05	0,99	364,66		2,26
	4	P205	59	7	0,1102	0,05	0,70	99,76		6,56
	1	P221	93	9,83	0,1102	0,05	2,17	220,81		9,30
							$\Sigma =$	0,81	903,39	
3	1	P206	79	-1,65	0,0554	0,06	-	1292,23	0,16	-1,94
		P224	34	7,31	0,1102	0,05	0,44	60,03		7,47
		P225	46	8	0,0968	0,05	1,43	178,54		8,16
		P227	78	6,09	0,0968	0,05	1,40	230,46		6,25
		P228	49	4,38	0,0792	0,05	1,35	307,23		4,54
	4	P240	79	-3,36	0,0792	0,05	-	379,98		-3,19

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	4	P243	47	-2,12	0,066		-			
						0,06	0,81	382,27		-1,95
	4	P246	30	-1,29	0,044		-			
						0,07	1,73	1343,97		-1,12
						$\Sigma=$	-1,34	4174,72		
4	5	P96	55	-3	0,0792		-		0,01	
						0,05	0,71	236,20		-2,98
	5	P98	61	-2,01	0,066		-			
						0,06	0,95	470,39		-1,99
	5	P100	37	-1,09	0,044		-			
						0,07	1,53	1400,58		-1,07
	5	P102	60	-0,13	0,016		-			
						0,12	9,32	71676,85		-0,11
	2	P205	59	-7	0,1102		-			
						0,05	0,70	99,76		-7,44
		P232	75	4,41	0,0968		0,05	0,71	160,47	4,42
		P233	67	3,11	0,066		0,06	2,49	799,41	3,12
		P234	26	2,77	0,066		0,06	0,77	276,30	2,78
	3	P240	79	3,36	0,066		0,06	3,42	1018,36	3,53
	3	P243	47	2,12	0,0554		0,06	2,09	987,78	2,29
	3	P246	30	1,29	0,044		0,07	1,73	1343,97	1,46
						$\Sigma=$	-1,99	78470,08		
5	2	P92	94	-2,71	0,0554		-		0,00	
						0,06	6,84	2525,37		-3,16
	4	P96	55	3	0,066		0,06	1,90	633,02	3,02
	4	P98	61	2,01	0,066		0,06	0,95	470,39	2,03
	4	P100	37	1,09	0,044		0,07	1,53	1400,58	1,11
	4	P102	60	0,13	0,016		0,12	9,32	71676,85	0,15
		P103	104	2,22	0,066		0,06	1,97	885,77	2,22
		P104	52	1,65	0,0554		0,06	1,40	850,58	1,65
	8	P105	73	-1,88	0,044		-			
						0,07	8,96	4766,07		-1,90
	6	P106	78	-10,49	0,1102		-			
						0,05	2,07	197,63		-10,46
						$\Sigma=$	-0,82	83406,27		
6		P89	34	-4	0,0792		-		0,03	
						0,05	0,78	194,68		-3,97
	5	P106	78	10,49	0,1102		0,05	2,07	197,63	10,52
	7	P124	35	1,95	0,0554		0,06	1,32	676,60	1,97
	7	P125	22	1,39	0,044		0,07	1,48	1061,98	1,41
		P128	48	-2,52	0,0554		-			
						0,06	3,02	1199,14		-2,49
		P129	34	-2,81	0,0554		-			
						0,06	2,66	947,14		-2,78
		P133	69	-3,38	0,0792		0,05	-	333,86	-3,35

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

							1,13			
	8	P199	20	8	0,1102	0,05	0,31	38,65		8,00
	8	P201	87	7,15	0,0968	0,05	2,16	301,80		7,15
						$\Sigma=$	-	0,25	4951,48	
7	8	P120	21	2,39	0,0554	0,06	1,19	497,56	0,00	2,36
	8	P122	36	2,76	0,066	0,06	1,05	381,19		2,73
	8	P123	30	3	0,066	0,06	1,04	345,28		2,97
	6	P124	35	-1,95	0,0554	0,06	-	676,60		-1,94
	6	P125	22	-1,39	0,044	0,07	-	1061,98		-1,38
		P126	31	-3,26	0,0792	0,05	-	144,67		-3,26
						$\Sigma=$	0,01	3107,29		
8	5	P105	73	1,88	0,066	0,06	0,99	526,52	-0,03	1,86
		P107	25	2,99	0,066	0,06	0,86	286,78		2,96
		P109	30	2,5	0,0792	0,05	0,27	107,36		2,47
		P110	39	1,5	0,0554	0,06	0,87	579,94		1,47
		P111	56	1,16	0,044	0,07	2,62	2255,93		1,13
		P112	65	0,72	0,0352	0,08	3,96	5501,84		0,69
		P114	38	0,12	0,016	0,12	5,03	41903,39		0,09
		P116	47	-4,6	0,0792	0,05	-	309,49		-4,63
		P118	17	-5,12	0,0792	0,05	-	124,60		-5,15
	7	P120	21	-2,39	0,0554	0,06	-	497,56		-2,42
	7	P122	36	-2,76	0,0554	0,06	-	985,01		-2,79
	7	P123	30	-3	0,0554	0,06	-	892,22		-3,03
	6	P199	20	-8	0,0968	0,05	-	77,63		-8,00
	6	P201	87	-7,15	0,0968	0,05	-	301,80		-7,15
						$\Sigma=$	3,17	54350,06		
9		P135	34	-3	0,0792	0,05	-	146,01	0,02	-2,98
		P136	30	-2,76	0,0554	0,06	-	820,84		-2,74
		P140	28	-2,15	0,0554	0,06	-	596,79		-2,13
		P141	20	-0,71	0,0352	0,08	-	1669,36		-0,69
		P142	25	0,4	0,028	0,09	-	4129,78		0,42
		P143	56	0,69	0,0352	0,08	-	4542,54		0,71
						$\Sigma=$	-	11905,33		

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

0,39

2^{ème} étirassions :

Sous Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit l/s	D m	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	Q' (l/s)	
1	3	P206	79	1,73	0,0554	0,06	2,34	1354,65	-0,20	1,67	
		P207	41	10,17	0,1102	0,05	1,02	100,71		9,97	
		P208	77	10,60	0,1102	0,05	2,09	197,14		10,40	
		P209	18	12,75	0,1762	0,04	0,06	4,48		12,55	
		P210	78	14,92	0,1762	0,04	0,34	22,72		14,72	
		P80	118	-26,54	0,1762	0,04	-1,62	61,15		-26,74	
		P81	78	-25,83	0,1762	0,04	-1,02	39,34		-26,03	
	2	P221	93	-10,36	0,1102	0,05	-2,41	232,74		-10,45	
							$\Sigma =$	0,80	2012,93		
2		P82	82	-15,45	0,141	0,04	-1,26	81,53	0,11	-15,34	
		P83	12	-15,11	0,141	0,04	-0,18	11,67		-15,00	
		P85	34	-14,17	0,141	0,04	-0,44	31,01		-14,06	
		P87	70	-13,79	0,141	0,04	-0,86	62,12		-13,68	
		P88	46	-13,14	0,141	0,04	-0,51	38,90		-13,03	
	5	P92	94	2,26	0,066	0,06	1,85	816,68		2,34	
	4	P205	59	6,56	0,1102	0,05	0,61	93,52		6,68	
	1	P221	93	9,30	0,141	0,04	0,52	55,66		9,21	
							$\Sigma =$	-0,26	1191,08		
3	1	P206	79	-1,94	0,0554	0,06	-2,95	1519,52	0,14	-1,69	
		P224	34	7,47	0,1102	0,05	0,46	61,35		7,61	
		P225	46	8,16	0,0968	0,05	1,49	182,11		8,30	
		P227	78	6,25	0,0968	0,05	1,48	236,52		6,39	
		P228	49	4,54	0,0792	0,05	1,45	318,46		4,68	
		4	P240	79	-3,19	0,0792	0,05	-1,15		360,44	-3,04
		4	P243	47	-1,95	0,066	0,06	-0,68		351,12	-1,80
	4	P246	30	-1,12	0,044	0,07	-1,30	1163,99		-0,97	
							$\Sigma =$	-1,21	4193,50		
4	5	P96	55	-2,98	0,0792	0,05	-0,70	234,81	0,01	-3,01	
	5	P98	61	-1,99	0,066	0,06	-0,93	466,28		-2,02	
	5	P100	37	-1,07	0,044	0,07	-1,48	1378,00		-1,10	
	5	P102	60	-0,11	0,016	0,12	-6,97	61987,52		-0,14	
	2	P205	59	-7,44	0,1102	0,05	-0,79	105,99		-7,32	
		P232	75	4,42	0,0968	0,05	0,71	160,93		4,43	
		P233	67	3,12	0,066	0,06	2,51	802,67		3,13	
		P234	26	2,78	0,066	0,06	0,77	277,57		2,79	
	3	P240	79	3,53	0,0792	0,05	1,41	399,52		3,68	

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	3	P243	47	2,29	0,0554	0,06	2,45	1068,28		2,44
	3	P246	30	1,46	0,044	0,07	2,23	1523,96		1,61
						$\Sigma=$	-0,78	68405,53		
5	2	P92	94	-3,16	0,0792	0,05	-1,34	424,60	-0,03	-3,08
	4	P96	55	3,02	0,0792	0,05	0,72	237,58		2,99
	4	P98	61	2,03	0,066	0,06	0,96	474,50		2,00
	4	P100	37	1,11	0,044	0,07	1,58	1423,16		1,08
	4	P102	60	0,15	0,016	0,12	12,01	81366,18		0,12
		P103	104	2,22	0,066	0,06	1,98	887,73		2,19
		P104	52	1,65	0,0554	0,06	1,41	853,11		1,62
	8	P105	73	-1,90	0,044	0,07	-9,19	4827,51		-1,97
	6	P106	78	-10,46	0,1102	0,05	-2,06	197,06		-10,52
						$\Sigma=$	6,06	90691,43		
6		P89	34	-3,97	0,066	0,06	-2,06	518,41	-0,03	-4,00
	5	P106	78	10,52	0,1102	0,05	2,09	198,21		10,46
	7	P124	35	1,97	0,0554	0,06	1,35	684,96		1,95
	7	P125	22	1,41	0,044	0,07	1,53	1080,41		1,39
		P128	48	-2,49	0,0554	0,06	-2,96	1186,90		-2,52
		P129	34	-2,78	0,066	0,06	-1,01	363,18		-2,81
		P133	69	-3,35	0,0792	0,05	-1,11	331,31		-3,38
	8	P199	20	8,00	0,1102	0,05	0,31	38,63		7,93
	8	P201	87	7,15	0,0968	0,05	2,16	301,65		7,08
						$\Sigma=$	0,29	4703,67		
7	8	P120	21	2,36	0,0554	0,06	1,16	491,16	0,00	2,33
	8	P122	36	2,73	0,066	0,06	1,03	376,95		2,70
	8	P123	30	2,97	0,066	0,06	1,01	341,75		2,94
	6	P124	-35	-1,94	0,0554	0,06	-1,30	671,53		-1,93
	6	P125	22	-1,38	0,044	0,07	-1,45	1050,84		-1,37
		P126	31	-3,26	0,0792	0,05	-0,47	144,74		-3,26
						$\Sigma=$	-0,01	3076,96		
8	5	P105	73	1,86	0,066	0,06	0,96	519,73	-0,03	1,79
		P107	25	2,96	0,0792	0,05	0,31	105,96		2,93
		P109	30	2,47	0,0554	0,06	1,82	734,85		2,44
		P110	39	1,47	0,0554	0,06	0,84	568,67		1,44
		P111	56	1,13	0,044	0,07	2,49	2199,27		1,10
		P112	65	0,69	0,0352	0,08	3,65	5279,18		0,66
		P114	38	0,09	0,016	0,12	2,88	31728,44		0,06
		P116	47	-4,63	0,0792	0,05	-1,44	311,45		-4,66
		P118	17	-5,15	0,0792	0,05	-0,65	125,31		-5,18
	7	P120	21	-2,42	0,0554	0,06	-1,22	503,96		-2,45
	7	P122	36	-2,79	0,0554	0,06	-2,78	995,98		-2,82
	7	P123	30	-3,03	0,066	0,06	-1,06	348,82		-3,06

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	6	P199	20	-8,00	0,0968	0,05	-0,62	77,66		-8,07
	6	P201	87	-7,15	0,0968	0,05	-2,16	301,94		-7,22
						$\Sigma=$	3,02	43801,22		
9		P135	34	-2,98	0,0792	0,05	-0,43	145,23	0,00	-2,98
		P136	30	-2,74	0,0554	0,06	-2,24	816,02		-2,74
		P140	28	-2,13	0,0554	0,06	-1,26	592,30		-2,13
		P141	20	-0,69	0,0352	0,08	-1,13	1631,28		-0,69
		P142	25	0,42	0,028	0,09	1,79	4297,00		0,42
		P143	56	0,71	0,0352	0,08	3,28	4649,17		0,71
						$\Sigma=$	0,00	12130,99		

23^{ème} et dernière itération :

<i>Sous Maill e</i>	<i>Maille adjacente</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Débit l/s</i>	<i>D m</i>	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	Q' (l/s)
1	3	P206	79	1,56	0,0554	0,06	1,91	1221,57	0,00	1,57
		P207	41	9,88	0,1102	0,05	0,97	97,89		9,89
		P208	77	10,31	0,1102	0,05	1,98	191,83		10,32
		P209	18	12,46	0,141	0,04	0,18	14,44		12,47
		P210	78	14,63	0,1762	0,04	0,33	22,29		14,64
		P80	118	-26,83	0,1762	0,04	-1,66	61,81		-26,82
		P81	78	-26,12	0,1762	0,04	-1,04	39,78		-26,11
	2	P221	93	-10,95	0,1102	0,05	-2,70	246,06		-10,94
						$\Sigma=$	-0,03	1895,66		
2		P82	82	-15,76	0,141	0,04	-1,31	83,16	0,00	-15,75
		P83	12	-15,42	0,141	0,04	-0,18	11,91		-15,41
		P85	34	-14,48	0,141	0,04	-0,46	31,68		-14,47
		P87	70	-14,10	0,141	0,04	-0,90	63,51		-14,09
		P88	46	-13,45	0,141	0,04	-0,54	39,81		-13,44
	5	P92	94	1,72	0,066	0,06	1,07	620,78		1,73
	4	P205	59	6,44	0,1102	0,05	0,59	91,76		6,45
	1	P221	93	8,71	0,1102	0,05	1,70	195,57		8,72
						$\Sigma=$	-0,02	1138,18		
3	1	P206	79	-2,13	0,066	0,06	-1,38	646,41	0,00	-2,12
		P224	34	7,59	0,1102	0,05	0,47	62,29		7,58
		P225	46	8,28	0,1102	0,05	0,76	91,95		8,27
		P227	78	6,37	0,0968	0,05	1,53	240,89		6,36
		P228	49	4,66	0,0792	0,05	1,52	326,54		4,65
	4	P240	79	-2,89	0,0792	0,05	-0,94	326,54		-2,88
	4	P243	47	-1,65	0,0554	0,06	-1,26	767,62		-1,64

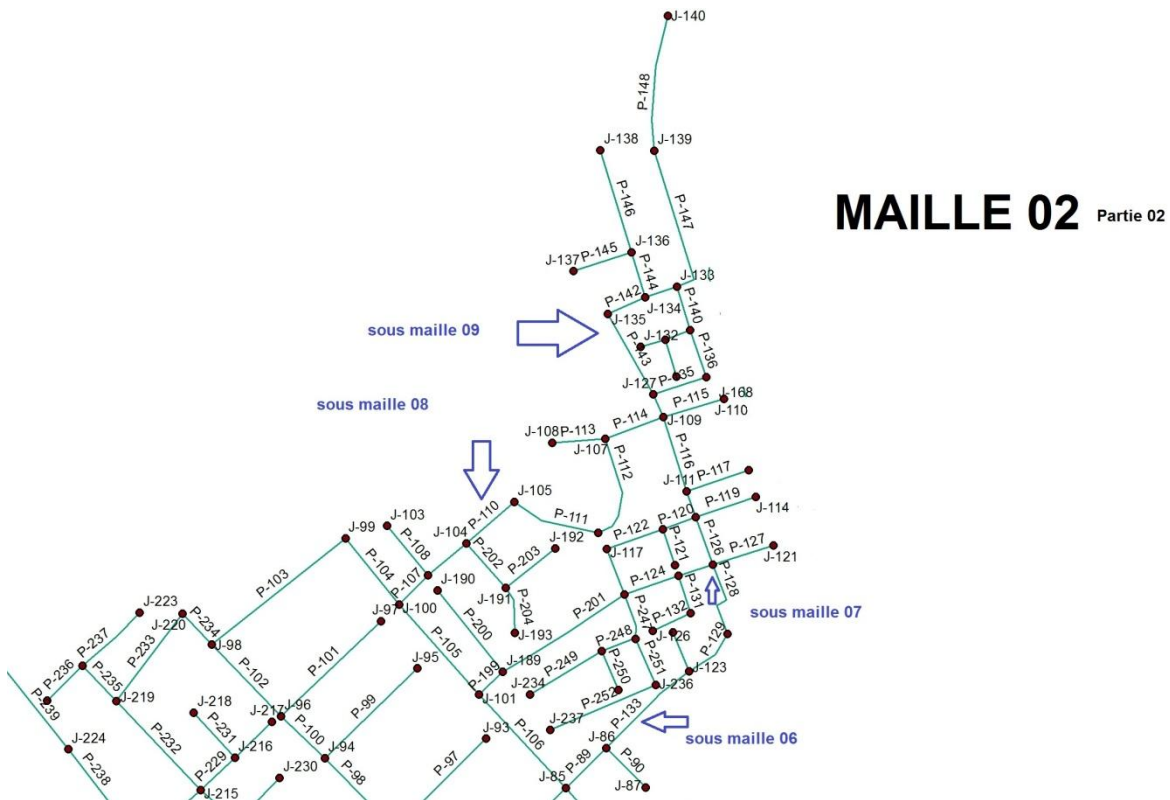
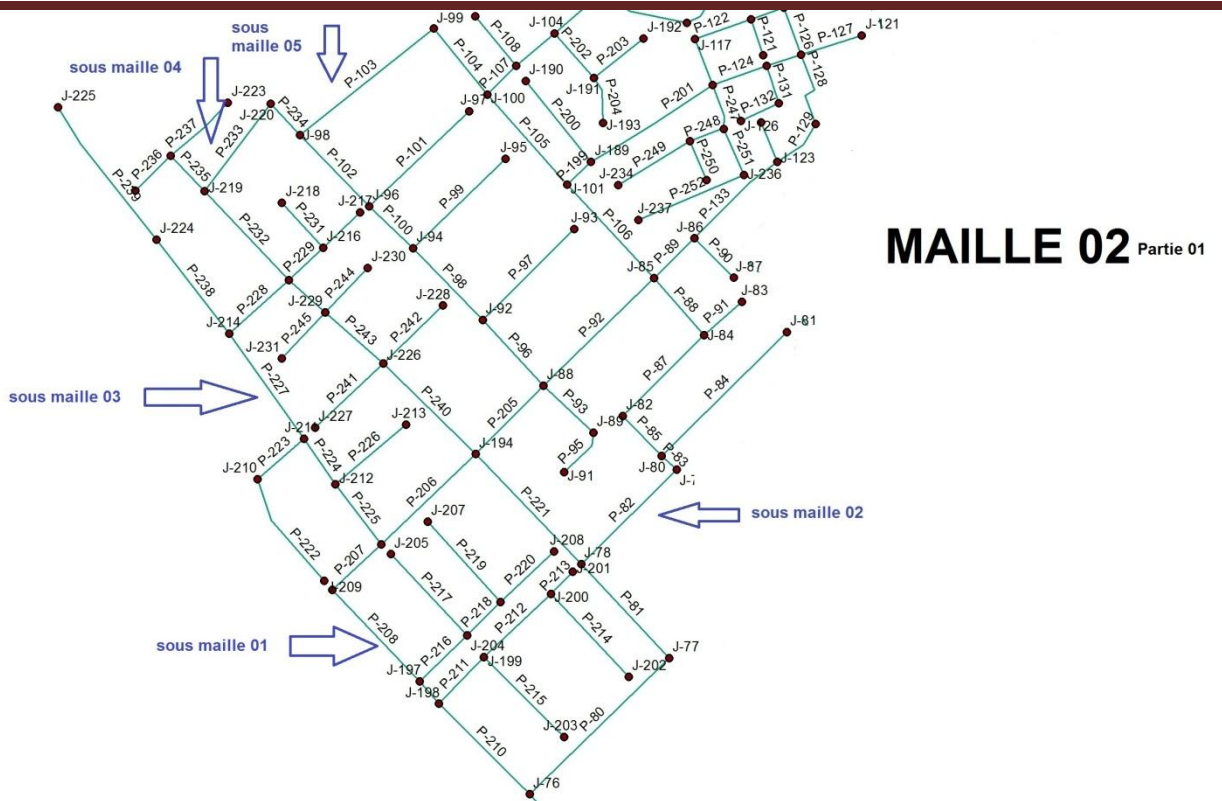
Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	4	P246	30	-0,82	0,044	0,07	-0,70	851,69		-0,81
							$\Sigma=$	0,00	3313,94	
4	5	P96	55	-3,03	0,0792	0,05	-0,72	238,82	0,00	-3,03
	5	P98	61	-2,04	0,066	0,06	-0,98	478,19		-2,04
	5	P100	37	-1,12	0,044	0,07	-1,62	1443,39		-1,12
	5	P102	60	-0,16	0,016	0,12	-14,71	90044,58		-0,16
	2	P205	59	-7,56	0,1102	0,05	-0,81	107,75		-7,55
		P232	75	4,61	0,0792	0,05	2,28	494,64		4,61
		P233	67	3,31	0,066	0,06	2,81	850,08		3,31
		P234	26	2,97	0,0554	0,06	2,27	764,79		2,97
	3	P240	79	3,83	0,066	0,06	4,45	1161,57		3,84
	3	P243	47	2,59	0,0554	0,06	3,13	1207,94		2,60
3	P246	30	1,76	0,044	0,07	3,24	1836,26	1,77		
							$\Sigma=$	-0,66	98628,00	
5	2	P92	94	-3,70	0,066	0,06	-4,93	1333,83	0,00	-3,69
	4	P96	55	2,97	0,0792	0,05	0,69	233,58		2,97
	4	P98	61	1,98	0,066	0,06	0,91	462,60		1,98
	4	P100	37	1,06	0,044	0,07	1,43	1357,78		1,06
	4	P102	60	0,10	0,016	0,12	5,15	53309,13		0,10
		P103	104	1,99	0,066	0,06	1,58	793,82		1,99
		P104	52	1,42	0,0554	0,06	1,04	731,78		1,42
	8	P105	73	-2,17	0,0554	0,06	-3,40	1568,74		-2,17
	6	P106	78	-10,72	0,1102	0,05	-2,16	201,95		-10,72
							$\Sigma=$	0,32	59993,19	
6		P89	34	-4,00	0,066	0,06	-2,09	521,60	0,00	-4,00
	5	P106	78	10,26	0,1102	0,05	1,98	193,32		10,26
	7	P124	35	1,96	0,0554	0,06	1,34	681,18		1,96
	7	P125	22	1,40	0,044	0,07	1,50	1072,07		1,40
		P128	48	-2,52	0,0554	0,06	-3,02	1198,55		-2,52
		P129	34	-2,81	0,066	0,06	-1,03	366,38		-2,81
		P133	69	-3,38	0,0792	0,05	-1,13	333,73		-3,38
	8	P199	20	7,94	0,1102	0,05	0,30	38,38		7,95
	8	P201	87	7,09	0,0968	0,05	2,12	299,43		7,10
							$\Sigma=$	-0,01	4704,64	
7	8	P120	21	2,34	0,0554	0,06	1,14	488,13	0,00	2,35
	8	P122	36	2,71	0,066	0,06	1,02	374,94		2,72
	8	P123	30	2,95	0,066	0,06	1,00	340,07		2,96
	6	P124	-35	-1,92	0,0554	0,06	-1,28	666,88		-1,92
	6	P125	22	-1,36	0,044	0,07	-1,42	1040,58		-1,36
		P126	31	-3,25	0,0792	0,05	-	144,14		-3,25
							$\Sigma=$	0,00	3054,74	

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

8	5	P105	73	1,59	0,0554	0,06	1,83	1152,32	0,00	1,59
		P107	25	2,93	0,0792	0,05	0,31	104,96		2,93
		P109	30	2,44	0,066	0,06	0,69	281,15		2,44
		P110	39	1,44	0,0554	0,06	0,80	557,81		1,44
		P111	56	1,10	0,044	0,07	2,36	2144,59		1,10
		P112	65	0,66	0,0352	0,08	3,36	5064,36		0,66
		P114	38	0,06	0,016	0,12	1,37	21911,65		0,06
		P116	47	-4,66	0,0968	0,05	- 0,49	106,20		-4,66
		P118	17	-5,18	0,0792	0,05	- 0,65	125,99		-5,18
	7	P120	21	-2,44	0,0554	0,06	- 1,23	506,99		-2,43
	7	P122	36	-2,81	0,0554	0,06	- 2,81	1001,17		-2,80
	7	P123	30	-3,05	0,0554	0,06	- 2,76	905,68		-3,04
	6	P199	20	-8,06	0,0968	0,05	- 0,63	78,17		-8,05
6	P201	87	-7,21	0,0968	0,05	- 2,19	304,16	-7,20		
						$\Sigma=$	- 0,04	34245,19		
9		P135	34	-2,98	0,0792	0,05	- 0,43	145,23	0,00	-2,98
		P136	30	-2,74	0,0554	0,06	- 2,24	816,07		-2,74
		P140	28	-2,13	0,0554	0,06	- 1,26	592,34		-2,13
		P141	20	-0,69	0,0352	0,08	- 1,13	1631,63		-0,69
		P142	25	0,42	0,028	0,09	1,79	4295,44		0,42
		P143	56	0,71	0,0352	0,08	3,28	4648,18		0,71
						$\Sigma=$	0,00	12128,89		

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross



Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

Sous Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur m	Débit (l/s)	Dent m	Dext mm
1	3	P206	79	1,5681719	0,0554	63
		P207	41	9,8934809	0,1102	125
		P208	77	10,323481	0,1102	125
		P209	18	12,473481	0,141	160
		P210	78	14,643481	0,1762	200
		P80	118	-26,81652	0,1762	200
		P81	78	-26,10652	0,1762	200
	2	P221	93	-10,93537	0,1102	125
2		P82	82	-15,74885	0,141	160
		P83	12	-15,40885	0,141	160
		P85	34	-14,46885	0,141	160
		P87	70	-14,08885	0,141	160
		P88	46	-13,43885	0,141	160
	5	P92	94	1,7280636	0,066	75
	4	P205	59	6,4516636	0,1102	125
	1	P221	93	8,7246346	0,1102	125
3	1	P206	79	-2,124155	0,066	75
		P224	34	7,584691	0,1102	125
		P225	46	8,274691	0,1102	125
		P227	78	6,364691	0,0968	110
		P228	49	4,654691	0,0792	110
	4	P240	79	-2,884799	0,0792	90
	4	P243	47	-1,644799	0,0554	63
	4	P246	30	-0,814799	0,044	50
4	5	P96	55	-3,03258	0,0792	90
	5	P98	61	-2,04258	0,066	75
	5	P100	37	-1,12258	0,044	50
	5	P102	60	-0,16258	0,016	20
	2	P205	59	-7,548336	0,1102	125
		P232	75	4,61051	0,0792	90
		P233	67	3,31051	0,066	75
		P234	26	2,97051	0,0554	63
	3	P240	79	3,835201	0,066	75
	3	P243	47	2,595201	0,0554	63
	3	P246	30	1,765201	0,044	50
5	2	P92	94	-3,691936	0,066	75
	4	P96	55	2,96742	0,0792	90
	4	P98	61	1,97742	0,066	75
	4	P100	37	1,05742	0,044	50

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	4	P102	60	0,09742	0,016	20
		P103	104	1,98691	0,066	75
		P104	52	1,41691	0,0554	63
	8	P105	73	-2,169768	0,0554	63
	6	P106	78	-10,7211	0,1102	125
6		P89	34	-3,998015	0,066	75
	5	P106	78	10,258895	0,1102	125
	7	P124	35	1,9639438	0,0554	63
	7	P125	22	1,4039438	0,044	50
		P128	48	-2,518015	0,0554	63
		P129	34	-2,808015	0,066	75
		P133	69	-3,378015	0,0792	90
	8	P199	20	7,9453071	0,1102	125
7	8	P201	87	7,0953071	0,0968	110
	8	P120	21	2,3452803	0,0554	63
	8	P122	36	2,7152803	0,066	75
	8	P123	30	2,9552803	0,066	75
	6	P124	35	-1,921996	0,0554	63
	6	P125	22	-1,361996	0,044	50
8		P126	31	-3,248041	0,0792	90
	5	P105	73	1,5902318	0,0554	63
		P107	25	2,9333218	0,0792	90
		P109	30	2,4433218	0,066	75
		P110	39	1,4433218	0,0554	63
		P111	56	1,1033218	0,044	50
		P112	65	0,6633218	0,0352	40
		P114	38	0,0633218	0,016	20
		P116	47	-4,656678	0,0968	110
		P118	17	-5,176678	0,0792	90
	7	P120	21	-2,43472	0,0554	63
	7	P122	36	-2,80472	0,0554	63
	7	P123	30	-3,04472	0,0554	63
	6	P199	20	-8,054693	0,0968	110
6	P201	87	-7,204693	0,0968	110	
9		P135	34	-2,983954	0,0792	90
		P136	30	-2,743954	0,0554	63
		P140	28	-2,133954	0,0554	63
		P141	20	-0,693954	0,0352	40
		P142	25	0,4160455	0,028	32
		P143	56	0,7060455	0,0352	40

1^{er} étirassions :

<i>Sous Maille</i>	<i>Maille adjacente</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Débit l/s</i>	<i>D m</i>	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	Q' (l/s)
1		P150	49	15,48	0,141	0,04	0,76	48,81	- 0,02	15,45
		P151	72	14,45	0,141	0,01	0,19	13,37		14,42
		P152	34	14,07	0,141	0,01	0,09	6,15		14,04
		P153	12	13,9	0,141	0,01	0,03	2,14		13,87
		P154	11	13,49	0,141	0,01	0,03	1,91		13,46
		P156	51	12,96	0,141	0,01	0,11	8,49		12,93
		P157	13	12,73	0,141	0,01	0,03	2,13		12,70
		P158	22	12,17	0,141	0,01	0,04	3,44		12,14
		P159	67	11,61	0,1102	0,01	0,41	35,68		11,58
		P160	24	11,28	0,1102	0,01	0,14	12,42		11,25
		P285	69	16,11	0,141	0,01	0,23	14,29		16,08
	2	P273	13	-3	0,0554	0,01	-0,19	62,53		-3,16
	2	P274	90	-1,65	0,044	0,01	-1,29	784,4 4		-1,81
3	P276	93	-7,85	0,0968	0,01	-0,51	65,40	-7,88		
							$\Sigma =$	0,06	1061, 20	
2	1	P272	162	20	0,1762	0,04	1,27	63,27	- 0,13	19,84
	1	P273	13	3	0,066	0,06	0,45	149,6 2		2,84
		P274	90	1,65	0,0554	0,06	2,43	1472, 16		1,52
	3	P275	59	-7,08	0,0968	0,05	-1,43	202,6 6		-6,86
		P259	39	-12,75	0,141	0,04	-0,41	32,00		-12,88
	3	P268	73	-7,85	0,1102	0,05	-1,09	138,4 2		-7,63
	3	P264	33	-9	0,1102	0,05	-0,65	71,74		-8,78
							$\Sigma =$	0,57	2129, 86	
3		P161	32	18,6	0,1762	0,04	0,22	11,62	0,35	18,95
		P162	65	18,25	0,1762	0,04	0,42	23,16		18,60
		P163	81	17,72	0,1762	0,04	0,50	28,03		18,07
		P164	59	16,33	0,141	0,04	1,01	62,00		16,68
	2	P275	59	7,08	0,1102	0,05	0,71	100,9 0		7,30
	1	P276	93	7,85	0,1102	0,05	1,38	176,3 4		8,17

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	2	P264	33	9	0,1102	0,05	0,65	71,74		9,22	
	2	P268	73	7,85	0,1102	0,05	1,09	138,4 2		8,07	
		P253	121	-0,68	0,0352	0,08	-6,58	9672, 89		-0,33	
		P255	158	-1,69	0,0554	0,06	-4,47	2647, 11		-1,34	
		P256	58	-2,47	0,0554	0,06	-3,51	1420, 21		-2,12	
		P257	8	-2,89	0,066	0,06	-0,26	88,70		-2,54	
		P258	40	-3,34	0,066	0,06	-1,71	512,5 6		-2,99	
							$\Sigma=$	-10,55	14953 ,66		
4		P165	56	10,72	0,141	0,04	0,41	38,63	0,08	10,81	
		P167	50	8,73	0,1102	0,05	0,92	105,4 3		8,82	
	5	P168	205	1	0,044	0,07	7,12	7119, 25		1,23	
		P188	31	0,67	0,0352	0,08	1,64	2441, 73		0,76	
		P192	33	-0,73	0,0352	0,08	-2,07	2832, 03		-0,64	
		P193	61	-1,89	0,0554	0,06	-2,16	1142, 93		-1,80	
		P194	24	-3,58	0,066	0,06	-1,18	329,6 3		-3,49	
		P195	125	-4,12	0,0792	0,05	-3,04	737,2 2		-4,03	
		P196	120	-5,01	0,0792	0,05	-4,31	860,6 2		-4,92	
							$\Sigma=$	-2,67	15607 ,48		
5	4	P168	205	-1	0,0352	0,08	-24,10	24099 ,92	0,14	-0,77	
		P169	30	0,64	0,028	0,09	5,07	7929, 18		0,78	
		P170	21	1,51	0,044	0,07	1,66	1101, 23		1,65	
		P171	47	1,76	0,0554	0,06	1,44	820,0 5		1,90	
	6	P172	90	1,66	0,0554	0,06	2,46	1481, 08		1,43	
	6	P173	26	2,08	0,0554	0,06	1,12	536,1 2		1,85	
	6	P174	37	2,71	0,066	0,06	1,04	384,6 8		2,48	
		P175	22	6,29	0,0968	0,05	0,42	67,14		6,43	
		P177	23	6,82	0,0968	0,05	0,52	76,10		6,96	
							$\Sigma=$	-10,36	36495 ,50		

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

6	5	P172	90	-1,66	0,0554	0,06	-2,46	1481,08	-0,36	-1,89
	5	P173	26	-2,08	0,0554	0,06	-1,12	536,12		-2,31
	5	P174	37	-2,71	0,066	0,06	-1,04	384,68		-2,94
		P181	49	0,76	0,0352	0,08	3,33	4377,96		0,39
		P182	31	1,05	0,044	0,07	1,19	1130,40		0,68
		P183	73	1,43	0,044	0,07	5,18	3625,26		1,06
		P185	31	2,04	0,0554	0,06	1,28	626,93		1,67
		P187	101	3	0,066	0,06	3,49	1162,46		2,63
						Σ=	9,85	13324,89		

2^{ème} étirassions :

<i>Sous Maille</i>	<i>Maille adjacente</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Débit l/s</i>	<i>D m</i>	<i>λ</i>	<i>Δh</i>	<i>Δh*</i>
1		P150	49	15,45	0,141	0,04	0,75	48,7
		P151	72	14,42	0,141	0,01	0,19	13,3
		P152	34	14,04	0,141	0,01	0,09	6,1
		P153	12	13,87	0,141	0,01	0,03	2,1
		P154	11	13,46	0,141	0,01	0,03	1,9
		P156	51	12,93	0,141	0,01	0,11	8,4
		P157	13	12,70	0,141	0,01	0,03	2,1
		P158	22	12,14	0,141	0,01	0,04	3,4
		P159	67	11,58	0,1102	0,01	0,41	35,5
		P160	24	11,25	0,1102	0,01	0,14	12,3
		P285	69	16,08	0,141	0,01	0,23	14,2
	2	P273	13	-3,16	0,0554	0,01	-0,21	65,8
	2	P274	90	-1,81	0,044	0,01	-1,56	861,9
3	P276	93	-7,88	0,0968	0,01	-0,52	65,0	
						Σ=	-0,24	1141,9
2	1	P272	162	19,84	0,1762	0,04	1,25	62,7
	1	P273	13	2,84	0,066	0,06	0,40	141,9
		P274	90	1,52	0,0554	0,06	2,05	1353,3
	3	P275	59	-6,86	0,0968	0,05	-1,35	196,9
		P259	39	-12,88	0,141	0,04	-0,42	32,3
	3	P268	73	-7,63	0,1102	0,05	-1,03	134,9
	3	P264	33	-8,78	0,1102	0,05	-0,61	69,9
						Σ=	0,29	1990,9

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

3		P161	32	18,95	0,1762	0,04	0,22	11,9
		P162	65	18,60	0,1762	0,04	0,44	23,9
		P163	81	18,07	0,1762	0,04	0,52	28,5
		P164	59	16,68	0,141	0,04	1,06	63,3
	2	P275	59	7,30	0,1102	0,05	0,76	104,3
	1	P276	93	8,17	0,1102	0,05	1,50	183,3
	2	P264	33	9,22	0,1102	0,05	0,68	73,4
	2	P268	73	8,07	0,1102	0,05	1,15	142,3
		P253	121	-0,33	0,0352	0,08	-1,52	4655,3
		P255	158	-1,34	0,0554	0,06	-2,80	2094,3
		P256	58	-2,12	0,0554	0,06	-2,58	1217,3
		P257	8	-2,54	0,066	0,06	-0,20	77,3
	P258	40	-2,99	0,066	0,06	-1,37	458,3	
						$\Sigma=$	-2,15	9134,3
4		P165	56	10,81	0,141	0,04	0,42	38,9
		P167	50	8,82	0,1102	0,05	0,94	106,3
	5	P168	205	1,23	0,044	0,07	10,73	8738,3
		P188	31	0,76	0,0352	0,08	2,08	2753,3
		P192	33	-0,64	0,0352	0,08	-1,61	2500,3
		P193	61	-1,80	0,0554	0,06	-1,97	1091,3
		P194	24	-3,49	0,066	0,06	-1,12	321,3
		P195	125	-4,03	0,0792	0,05	-2,91	721,3
		P196	120	-4,92	0,0792	0,05	-4,17	845,3
						$\Sigma=$	2,38	17111,3
5	4	P168	205	-0,77	0,0352	0,08	-14,39	18619,3
		P169	30	0,78	0,028	0,09	7,58	9687,3
		P170	21	1,65	0,044	0,07	1,99	1204,3
		P171	47	1,90	0,0554	0,06	1,69	886,3
	6	P172	90	1,43	0,0554	0,06	1,83	1278,3
	6	P173	26	1,85	0,0554	0,06	0,88	477,3
	6	P174	37	2,48	0,066	0,06	0,87	352,3
		P175	22	6,43	0,0968	0,05	0,44	68,3
		P177	23	6,96	0,0968	0,05	0,54	77,3
						$\Sigma=$	1,44	32652,3
6	5	P172	90	-1,89	0,0554	0,06	-3,18	1684,3
	5	P173	26	-2,31	0,0554	0,06	-1,37	594,3
	5	P174	37	-2,94	0,066	0,06	-1,22	416,3
		P181	49	0,39	0,0352	0,08	0,88	2249,3
		P182	31	0,68	0,044	0,07	0,50	732,3
		P183	73	1,06	0,044	0,07	2,85	2688,3
		P185	31	1,67	0,0554	0,06	0,86	513,3
		P187	101	2,63	0,066	0,06	2,68	1019,3

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

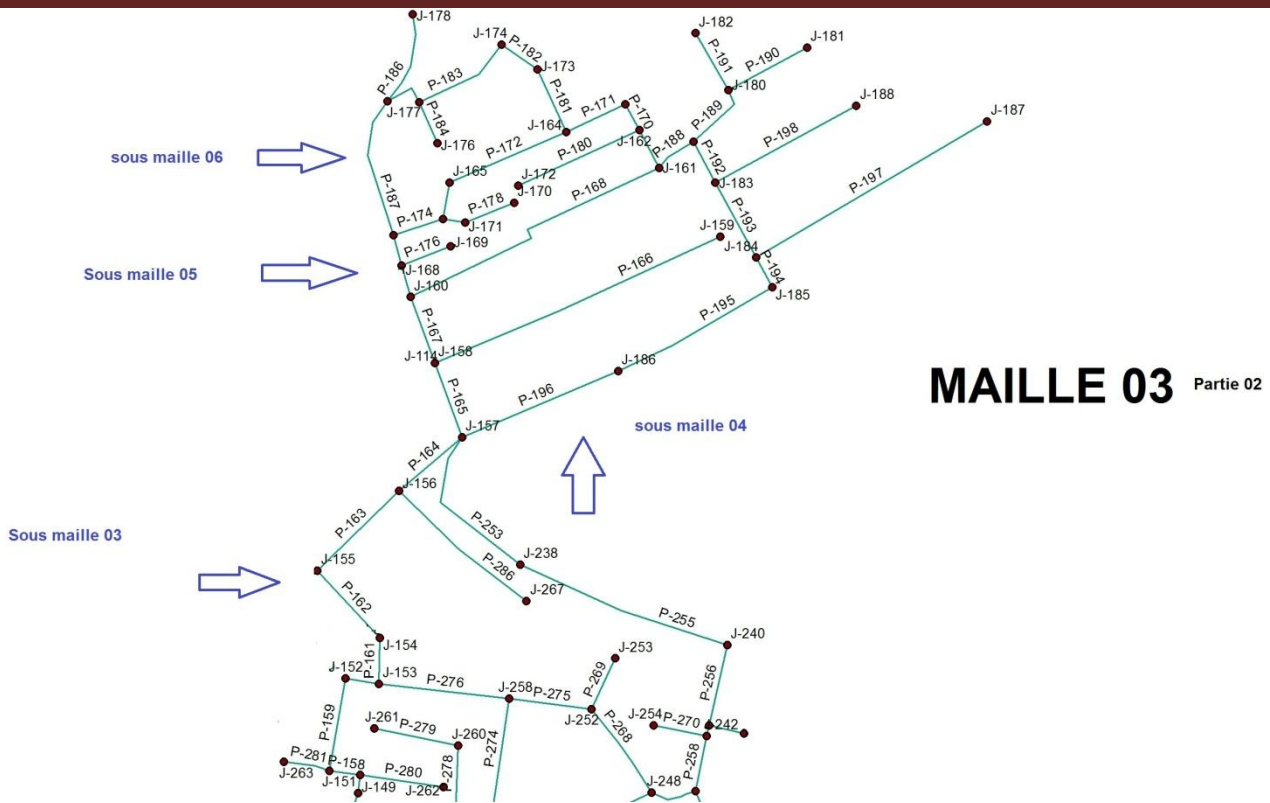
 $\Sigma=$ **1,99****9898**19^{ème} étirassions :

<i>Sous Maille</i>	<i>Maille adjacente</i>	<i>Tronçon</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Débit l/s</i>	<i>D m</i>	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	$Q' (l/s)$
1		P150	49	15,7030097	0,141	0,04	0,78	49,52	0,00	15,70
		P151	72	14,6730097	0,141	0,01	0,20	13,58		14,67
		P152	34	14,2930097	0,141	0,01	0,09	6,25		14,29
		P153	12	14,1230097	0,141	0,01	0,03	2,18		14,12
		P154	11	13,7130097	0,141	0,01	0,03	1,94		13,71
		P156	51	13,1830097	0,141	0,01	0,11	8,64		13,18
		P157	13	12,9530097	0,141	0,01	0,03	2,16		12,95
		P158	22	12,3930097	0,141	0,01	0,04	3,50		12,39
		P159	67	11,8330097	0,1102	0,01	0,43	36,36		11,83
		P160	24	11,5030097	0,1102	0,01	0,15	12,66		11,50
		P285	69	16,3330097	0,141	0,01	0,24	14,48		16,33
	2	P273	13	- 3,08891032	0,0554	0,01	-0,20	64,39		-3,09
	2	P274	90	- 1,73891032	0,044	0,01	-1,44	826,71		-1,74
3	P276	93	- 7,62699035	0,0968	0,01	-0,48	63,55	-7,63		
						$\Sigma=$	0,00	1105,92		
2	1	P272	162	19,9110897	0,1762	0,04	1,25	62,99	0,00	19,91
	1	P273	13	2,91108968	0,066	0,06	0,42	145,19		2,91
		P274	90	1,33808002	0,0554	0,06	1,60	1193,86		1,34
	3	P275	59	- 6,68073835	0,0968	0,05	-1,28	191,24		-6,68
		P259	39	-13,06192	0,141	0,04	-0,43	32,78		-13,06
	3	P268	73	- 7,45073835	0,1102	0,05	-0,98	131,38		-7,45
	3	P264	33	- 8,60073835	0,1102	0,05	-0,59	68,56		-8,60
						$\Sigma=$	0,00	1825,98		
3		P161	32	19,3111816	0,1762	0,04	0,23	12,07	0,00	19,31
		P162	65	18,9611816	0,1762	0,04	0,46	24,07		18,96
		P163	81	18,4311816	0,1762	0,04	0,54	29,15		18,43
		P164	59	17,0411816	0,141	0,04	1,10	64,70		17,04
	2	P275	59	7,47926165	0,0968	0,05	1,60	214,09		7,48

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	1	P276	93	8,78419128	0,1102	0,05	1,73	197,32		8,78
	2	P264	33	9,39926165	0,1102	0,05	0,70	74,92		9,40
	2	P268	73	8,24926165	0,1102	0,05	1,20	145,46		8,25
		P253	121	0,03118162	0,016	0,12	-1,08	-		0,03
		P255	158	-	0,044	0,07	-5,26	5370,80	34671,16	-0,98
		P256	58	-	0,066	0,06	-0,69	391,37		-1,76
		P257	8	-	0,066	0,06	-0,15	66,87		-2,18
		P258	40	-	0,0792	0,05	-0,40	150,53		-2,63
							$\Sigma=$	0,00	-	
									27929,81	
4		P165	56	10,7660398	0,141	0,04	0,42	38,80	0,00	10,76
		P167	50	8,77603981	0,141	0,04	0,25	28,24		8,77
	5	P168	205	1,04441317	0,044	0,07	7,77	7435,43		1,04
		P188	31	0,71603981	0,0352	0,08	1,87	2609,52		0,71
		P192	33	-	0,0352	0,08	-1,81	2653,42		-0,69
		P193	61	-	0,0554	0,06	-2,06	1115,09		-1,85
		P194	24	-	0,066	0,06	-1,15	325,39		-3,54
		P195	125	-	0,0968	0,05	-1,01	247,07		-4,08
		P196	120	-	0,0792	0,05	-4,23	852,71		-4,97
							$\Sigma=$	0,04	15305,68	
5	4	P168	205	-	0,044	0,07	-6,50	6803,06	0,00	-0,96
		P169	30	0,95558683	0,0354	0,08	1,39	2182,64		0,64
		P170	21	0,63837336	0,0554	0,06	0,47	314,02		1,51
		P171	47	1,50837336	0,066	0,06	0,56	317,06		1,76
	6	P172	90	1,75837336	0,044	0,07	2,76	2935,81		0,93
	6	P173	26	0,93930178	0,0554	0,06	0,48	350,36		1,35
	6	P174	37	1,35930178	0,066	0,06	0,56	282,38		1,98
		P175	22	1,98930178	0,066	0,06	0,56	282,38		1,98
		P177	23	6,28837336	0,141	0,04	0,06	8,90		6,29
				6,81837336	0,1102	0,05	0,26	37,88		6,82
							$\Sigma=$	0,03	13232,11	
6	5	P172	90	-	0,0554	0,06	-5,06	2124,10	0,00	-2,39
	5	P173	26	2,38069822	0,0554	0,06	-2,02	721,88		-2,81
	5	P174	37	-	0,066	0,06	-1,67	486,99		-3,44
		P181	49	3,43069822	0,016	0,12	0,75	18429,15		0,04

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross



Sous Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur m	Débit (l/s)	Dent m	Dext mm
1		P150	49	15,702944	0,141	160
		P151	72	14,672944	0,141	160
		P152	34	14,292944	0,141	160
		P153	12	14,122944	0,141	160
		P154	11	13,712944	0,141	160
		P156	51	13,182944	0,141	160
		P157	13	12,952944	0,141	160
		P158	22	12,392944	0,141	160
		P159	67	11,832944	0,1102	125
		P160	24	11,502944	0,1102	125
		P285	69	16,332944	0,141	160
1	2	P273	13	-3,088969	0,0554	63
	2	P274	90	-1,738969	0,044	50
	3	P276	93	-7,627056	0,0968	110
2	1	P272	162	19,911031	0,1762	200
	1	P273	13	2,9110306	0,066	75
		P274	90	1,3380864	0,0554	63

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	3	P275	59	-6,680731	0,0968	110
		P259	39	-13,06191	0,141	160
	3	P268	73	-7,450731	0,1102	125
	3	P264	33	-8,600731	0,1102	125
3		P161	32	19,311183	0,1762	200
		P162	65	18,961183	0,1762	200
		P163	81	18,431183	0,1762	200
		P164	59	17,041183	0,141	160
	2	P275	59	7,479269	0,0968	110
	1	P276	93	8,7841267	0,1102	125
	2	P264	33	9,399269	0,1102	125
	2	P268	73	8,249269	0,1102	125
		P253	121	0,0311826	0,016	20
		P255	158	-0,978817	0,044	50
		P256	58	-1,758817	0,066	75
		P257	8	-2,178817	0,066	75
		P258	40	-2,628817	0,0792	90
4		P165	56	10,764753	0,141	160
		P167	50	8,7747526	0,141	160
	5	P168	205	1,0418617	0,044	50
		P188	31	0,7147526	0,0352	40
		P192	33	-0,685247	0,0352	40
		P193	61	-1,845247	0,0554	63
		P194	24	-3,535247	0,066	75
		P195	125	-4,075247	0,0968	110
		P196	120	-4,965247	0,0792	90
5	4	P168	205	-0,958138	0,044	50
		P169	30	0,6371091	0,0354	40
		P170	21	1,5071091	0,0554	63
		P171	47	1,7571091	0,066	75
	6	P172	90	0,9335957	0,044	50
	6	P173	26	1,3535957	0,0554	63
	6	P174	37	1,9835957	0,066	75
		P175	22	6,2871091	0,141	160
		P177	23	6,8171091	0,1102	125
6	5	P172	90	-2,386404	0,0554	63
	5	P173	26	-2,806404	0,0554	63
	5	P174	37	-3,436404	0,066	75
		P181	49	0,0364866	0,016	20
		P182	31	0,3264866	0,028	32
		P183	73	0,7064866	0,0352	40
		P185	31	1,3164866	0,0554	63
		P187	101	2,2764866	0,066	75

19^{ème} étirassions :

Sous Maille	Maille adjacente	Tronçon	Longueur (m)	Débit l/s	D m	λ	Δh	$\Delta h * Q$	ΔQ	$Q' (l/s)$
1		P150	49	15,7030097	0,141	0,04	0,78	49,52	0,00	15,70
		P151	72	14,6730097	0,141	0,01	0,20	13,58		14,67
		P152	34	14,2930097	0,141	0,01	0,09	6,25		14,29
		P153	12	14,1230097	0,141	0,01	0,03	2,18		14,12
		P154	11	13,7130097	0,141	0,01	0,03	1,94		13,71
		P156	51	13,1830097	0,141	0,01	0,11	8,64		13,18
		P157	13	12,9530097	0,141	0,01	0,03	2,16		12,95
		P158	22	12,3930097	0,141	0,01	0,04	3,50		12,39
		P159	67	11,8330097	0,1102	0,01	0,43	36,36		11,83
		P160	24	11,5030097	0,1102	0,01	0,15	12,66		11,50
		P285	69	16,3330097	0,141	0,01	0,24	14,48		16,33
	2	P273	13	- 3,08891032	0,0554	0,01	-0,20	64,39		-3,09
	2	P274	90	- 1,73891032	0,044	0,01	-1,44	826,71		-1,74
3	P276	93	- 7,62699035	0,0968	0,01	-0,48	63,55	-7,63		
						$\Sigma =$	0,00	1105,92		
2	1	P272	162	19,9110897	0,1762	0,04	1,25	62,99	0,00	19,91
	1	P273	13	2,91108968	0,066	0,06	0,42	145,19		2,91
		P274	90	1,33808002	0,0554	0,06	1,60	1193,86		1,34
	3	P275	59	- 6,68073835	0,0968	0,05	-1,28	191,24		-6,68
		P259	39	-13,06192	0,141	0,04	-0,43	32,78		-13,06
	3	P268	73	- 7,45073835	0,1102	0,05	-0,98	131,38		-7,45
	3	P264	33	- 8,60073835	0,1102	0,05	-0,59	68,56		-8,60
						$\Sigma =$	0,00	1825,98		
3		P161	32	19,3111816	0,1762	0,04	0,23	12,07	0,00	19,31
		P162	65	18,9611816	0,1762	0,04	0,46	24,07		18,96
		P163	81	18,4311816	0,1762	0,04	0,54	29,15		18,43
		P164	59	17,0411816	0,141	0,04	1,10	64,70		17,04
	2	P275	59	7,47926165	0,0968	0,05	1,60	214,09		7,48
	1	P276	93	8,78419128	0,1102	0,05	1,73	197,32		8,78
	2	P264	33	9,39926165	0,1102	0,05	0,70	74,92		9,40
	2	P268	73	8,24926165	0,1102	0,05	1,20	145,46		8,25
		P253	121	0,03118162	0,016	0,12	-1,08	- 34671,16		0,03
		P255	158	-	0,044	0,07	-5,26	5370,80		-0,98

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

				0,97881838						
		P256	58	-	0,066	0,06	-0,69	391,37		-1,76
				1,75881838						
		P257	8	-	0,066	0,06	-0,15	66,87		-2,18
				2,17881838						
		P258	40	-	0,0792	0,05	-0,40	150,53		-2,63
				2,62881838						
						$\Sigma=$	0,00	-		
								27929,81		
4		P165	56	10,7660398	0,141	0,04	0,42	38,80	0,00	10,76
		P167	50	8,77603981	0,141	0,04	0,25	28,24		8,77
	5	P168	205	1,04441317	0,044	0,07	7,77	7435,43		1,04
		P188	31	0,71603981	0,0352	0,08	1,87	2609,52		0,71
		P192	33	-	0,0352	0,08	-1,81	2653,42		-0,69
				0,68396019						
		P193	61	-	0,0554	0,06	-2,06	1115,09		-1,85
				1,84396019						
		P194	24	-	0,066	0,06	-1,15	325,39		-3,54
			3,53396019							
	P195	125	-	0,0968	0,05	-1,01	247,07	-4,08		
			4,07396019							
	P196	120	-	0,0792	0,05	-4,23	852,71	-4,97		
			4,96396019							
					$\Sigma=$	0,04	15305,68			
5	4	P168	205	-	0,044	0,07	-6,50	6803,06	0,00	-0,96
				0,95558683						
		P169	30	0,63837336	0,0354	0,08	1,39	2182,64		0,64
		P170	21	1,50837336	0,0554	0,06	0,47	314,02		1,51
		P171	47	1,75837336	0,066	0,06	0,56	317,06		1,76
	6	P172	90	0,93930178	0,044	0,07	2,76	2935,81		0,93
	6	P173	26	1,35930178	0,0554	0,06	0,48	350,36		1,35
	6	P174	37	1,98930178	0,066	0,06	0,56	282,38		1,98
		P175	22	6,28837336	0,141	0,04	0,06	8,90		6,29
	P177	23	6,81837336	0,1102	0,05	0,26	37,88	6,82		
					$\Sigma=$	0,03	13232,11			
6	5	P172	90	-	0,0554	0,06	-5,06	2124,10	0,00	-2,39
				2,38069822						
	5	P173	26	-	0,0554	0,06	-2,02	721,88		-2,81
				2,80069822						
	5	P174	37	-	0,066	0,06	-1,67	486,99		-3,44
				3,43069822						
		P181	49	0,04092842	0,016	0,12	0,75	18429,15		0,04
		P182	31	0,33092842	0,028	0,09	1,40	4236,65		0,33
	P183	73	0,71092842	0,0352	0,08	4,34	6101,13	0,71		
	P185	31	1,32092842	0,0554	0,06	0,54	405,95	1,32		
	P187	101	2,28092842	0,066	0,06	2,02	883,83	2,28		
					$\Sigma=$	0,30	33389,68			

Réseau ramifié de la maille 01

Sous Maille	Tronçon	Longueur m	Débit l/s	Dint m	Dext mm
1	P22	37	0,1474795412	0,016	20
	P23	35	0,1395076741	0,016	20
	P24	34	0,1355217405	0,016	20
	P25	39	0,1554514083	0,016	20
	P26	35	0,1395076741	0,016	20
	P27	36	0,1434936076	0,016	20
	P28	35	0,1395076741	0,016	20
	P29	36	0,1434936076	0,016	20
	P30	36	0,1434936076	0,016	20
	P31	37	0,1474795412	0,016	20
	P32	36	0,1434936076	0,016	20
	P33	35	0,1395076741	0,016	20
	P53	43	0,8211023103	0,044	50
	p54	163	0,6497071678	0,0352	40
3	P40	22	0,0876905380	0,016	20
	P41	24	0,0956624051	0,016	20
	P39	21	0,2670575475	0,016	20

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	P46	68	0,271043481	0,028	32
	P47	22	0,087690538	0,016	20
	P45	38	0,510199494	0,021	25

Réseau ramifié de la maille 02

Sous maille	Tronçon	Longueur m	Débit l/s	Dint m	Dext mm
1	P214	69	0,2750294	21	25
	P213	19	0,0757327	16	20
	P212	69	0,6257916	35,2	40
	P215	69	0,2750294	21	25
	P211	39	1,0562724	44	50
	P219	66	0,2630716	21	25
	P220	45	0,179367	21	25
	P218	29	0,5580307	35,2	40
	P217	68	0,2710435	21	25
	P216	40	0,9885115	44	50
2	P95	31	0,1235639	16	20
	P93	42	0,2909732	21	25
	P84	107	0,4264949	28	32
	P91	31	0,1235639	16	20
3	P222	75	0,298945	21	25
	P223	37	0,1474795	16	20

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	P226	56	0,2232123	21	25
	P241	57	0,2271982	21	25
	P245	39	0,1554514	16	20
	P239	101	0,4025793	28	32
	P238	72	0,2869872	21	25
4	P242	51	0,2032826	21	25
	P244	37	0,1474795	16	20
	P245	39	0,1474795	16	20
	P230	31	0,1235639	16	20
	P231	37	0,1474795	16	20
	P229	29	0,3866356	28	32
	P237	48	0,1913248	21	25
	P236	30	0,119578	16	20
	P235	30	0,4304808	28	32
5	P97	78	0,3109028	21	25
	P99	78	0,3109028	21	25
	P101	84	0,3348184	21	25
6	P90	34	0,1355217	16	20
	P130	26	0,1036343	16	20
	P132	26	0,1036343	16	20
	P131	24	0,1992967	16	20
	P249	51	0,2032826	21	25
	P250	26	0,1036343	16	20
	P248	22	0,3946074	28	32
	P252	70	0,2790154	21	25
	P251	30	0,3985934	28	32
	P247	28	0,9048069	44	50
7	P121	23	0,0916765	16	20
	P127	39	0,1554514	16	20
	P119	39	0,1554514	16	20
8	P203	39	0,1554514	16	20
	P204	29	0,1155921	16	20
	P202	36	0,1434936	16	20
	P200	63	0,2511138	21	25
	P115	38	0,1514655	16	20
	P113	32	0,1275499	16	20
	P117	40	0,1594373	16	20
	P108	39	0,1554514	16	20
9	P138	23	0,0916765	16	20
	P139	16	0,0637749	16	25
	P137	16	0,2192263	21	25
	P146	65	0,2590857	21	25
	P145	37	0,1474795	16	20

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	P144	29	0,5221573	28	32
	P148	83	0,3308325	21	25
	P147	93	0,3706918	21	25
10	P57	73	0,2909732	21	25
	P58	48	0,482298	28	32
	P59	87	0,8290742	44	50
	P60	103	1,2396253	55,4	63
	P62	93	0,3706918	28	32
	P61	29	0,4862839	28	32
	P75	129	2,2400947	55,4	63
	P74	187	2,9854642	66	75
	P63	49	0,1953107	16	20
	P64	32	0,3228606	21	25
	P65	48	0,1913248	21	25
	P66	237	1,4588517	55,4	63
	P67	144	2,0328261	55,4	63
	P70	149	0,5939041	28	32
	P69	160	1,2316535	55,4	63
	P72	144	0,5739744	35,2	40
	P68	28	1,3432596	55,4	63
	P71	30	3,4956637	79,2	90
P73	28	4,1812443	79,2	90	
P76	2	7,1746804	96,8	110	

Réseau ramifié de la maille 03

sous Maille	Tronçon	Longueur m	Débit (l/s)	Dint mm	D ext mm
1	P282	45	0,179367	16	20
	P283	36	0,3228606	21	25
	P284	46	0,1833529	16	20
	P155	38	0,1514655	16	20
	P279	61	0,243142	21	20
	P278	47	0,4304808	28	32
	P277	26	0,5341151	28	32
	P280	60	0,239156	21	25
	P281	33	0,1315358	16	20
	P149	29	0,1155921	16	20
2	P267	29	0,1155921	16	20
	P266	45	0,179367	16	20
	P265	32	0,1275499	16	20
3	P286	120	0,478312	28	32

Annexe 02 : Résultats selon Hardy Cross

	P269	40	0,1594373	16	20
	P270	38	0,1514655	16	20
	P271	26	0,1036343	16	20
4	P166	222	0,8848773	44	50
	P197	190	0,7573274	35,2	40
	P198	114	0,4543964	28	32
	P189	50	0,1992967	16	20
	P190	64	0,2550998	21	25
	P191	47	0,1873389	16	20
5	P180	95	0,3786637	28	32
	P178	38	0,1514655	16	20
	P179	16	0,0637749	16	20
	P176	37	0,1474795	16	20
6	P184	32	0,1275499	16	20
	P186	67	0,2670576	21	25

• les vitesses de WaterCAD :

N° Conduite	Diametre MM	Vitesse M/S (waterCAD)
P-2	176,2	3,12
P-3	176,2	3,1
P-4	176,2	3,03
P-5	176,2	2,97
P-6	141	1,17
P-8	35,2	0,79
P-9	35,2	0,16
P-10	35,2	0,19
P-11	55,4	0,14
P-12	55,4	0,25
P-13	55,4	0,54
P-14	55,4	0,83
P-15	55,4	0,98
P-16	55,4	1,41
P-17	55,4	1,71
P-18	55,4	2,41
P-19	55,4	2,47
P-20	35,2	1,48
P-21	79,2	1,58
P-22	35,2	0,13
P-23	35,2	0,13
P-24	35,2	0,12
P-25	35,2	0,14
P-26	35,2	0,13
P-27	35,2	0,13
P-28	35,2	0,13
P-29	35,2	0,13
P-30	35,2	0,13
P-31	35,2	0,13
P-32	35,2	0,13
P-33	35,2	0,13
P-34	79,2	1,98
P-35	55,4	1,03
P-36	55,4	0,67
P-37	55,4	0,48
P-38	55,4	0,36
P-39	55,4	0,17
P-40	55,4	0,04

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-41	55,4	0,03
	55,4	0,03
P-43	55,4	0,54
P-44	55,4	0,41
P-45	55,4	0,32
P-46	55,4	0,05
P-47	55,4	0,08
P-48	79,2	0,44
P-49	79,2	1
P-50	79,2	1,12
P-51	79,2	1,24
P-52	44	0,37
P-53	66	0,39
P-54	66	0,17
P-55	44	3,41
P-56	96,8	3,42
P-57	66	0,05
P-58	141	0,14
P-59	141	0,24
P-60	79,2	0,38
P-61	79,2	0,16
P-62	79,2	0,07
P-63	79,2	0,04
P-64	79,2	0,1
P-65	79,2	0,03
P-66	79,2	0,36
P-67	79,2	0,64
P-68	79,2	0,47
P-69	79,2	0,34
P-70	79,2	0,11
P-71	79,2	1,27
P-72	79,2	0,11
P-73	79,2	1,52
P-74	79,2	0,97
P-75	79,2	0,73
P-76	79,2	2,65
P-77	79,2	2,81
P-78	79,2	2,75
P-79	110,2	2,71
P-80	141	1,81
P-81	141	1,76
P-82	141	1,13
P-83	141	1,1

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-84	141	0,16
P-85	141	1,04
P-87	141	1,02
P-88	55,4	0,98
P-89	141	0,36
P-90	141	0,05
P-91	141	0,05
P-92	141	0,31
P-93	55,4	0,15
P-95	55,4	0,05
P-96	66	1,61
P-97	55,4	0,18
P-98	55,4	1,21
P-99	55,4	0,18
P-100	44	0,82
P-101	55,4	0,2
P-102	44	0,43
P-103	55,4	0,37
P-104	44	0,2
P-105	55,4	0,05
P-106	66	0,98
P-107	66	0,55
P-108	55,4	0,06
P-109	79,2	0,65
P-110	79,2	0,5
P-111	55,4	0,56
P-112	66	0,43
P-113	55,4	0,08
P-114	44	0,08
P-115	35,2	0,09
P-116	44	0,67
P-117	55,4	0,09
P-118	44	0,1
P-119	96,8	0,09
P-120	44	0,57
P-121	79,2	0,05
P-122	44	0,72
P-123	55,4	0,82
P-124	44	0,67
P-125	55,4	0,69
P-127	55,4	0,09
P-128	44	1,73
P-129	79,2	1,31

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-130	44	0,04
P-131	55,4	0,11
P-132	66	0,04
P-133	55,4	1,47
P-134	55,4	1,69
P-135	55,4	0,51
P-136	66	0,95
P-137	55,4	0,14
P-138	79,2	0,03
P-139	55,4	0,02
P-140	55,4	0,7
P-141	55,4	0,15
P-142	55,4	0,37
P-143	55,4	0,77
P-144	44	0,35
P-145	55,4	0,05
P-146	44	0,1
P-147	55,4	0,39
P-148	55,4	0,12
P-149	55,4	0,07
P-150	55,4	2,43
P-151	55,4	1,76
P-152	44	1,51
P-153	44	1,4
P-154	44	1,13
P-155	44	0,1
P-156	44	0,78
P-157	44	0,63
P-158	44	0,26
P-159	44	0,1
P-160	44	0,32
P-161	44	2,36
P-162	44	2,31
P-163	44	2,24
P-164	96,8	2,05
P-165	96,8	1,82
P-166	96,8	0,53
P-167	96,8	1,55
P-168	96,8	1,07
P-169	44	0,73
P-170	96,8	1,09
P-171	55,4	0,84
P-172	55,4	0,94

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-173	55,4	0,77
P-174	66	0,72
P-175	44	1,01
P-176	55,4	0,05
P-177	66	1,07
P-178	96,8	0,06
P-179	55,4	0,14
P-180	96,8	0,14
P-181	55,4	0,88
P-182	55,4	0,7
P-183	55,4	0,81
P-184	55,4	0,05
P-185	66	0,99
P-186	66	0,1
P-187	55,4	0,59
P-188	66	0,98
P-189	55,4	0,13
P-190	96,8	0,07
P-191	66	0,05
P-192	96,8	1,3
P-193	66	0,53
P-194	66	0,58
P-195	44	0,93
P-196	44	1,52
P-197	44	0,71
P-198	44	0,12
P-199	96,8	0,69
P-200	44	0,1
P-201	44	1,17
P-202	44	0,26
P-203	44	0,06
P-204	44	0,05
P-205	35,2	0,65
P-206	76,2	1,7
P-207	44	0,89
P-208	55,4	0,93
P-209	55,4	0,45
P-210	79,2	0,54
P-211	66	1,1
P-212	55,4	0,55
P-213	35,2	0,02
P-214	55,4	0,07
P-215	55,4	0,07

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-216	35,2	1,09
P-217	35,2	0,1
P-218	96,8	0,38
P-219	55,4	0,1
P-220	55,4	0,07
P-221	55,4	1,22
P-222	55,4	0,28
P-223	55,4	0,7
P-224	55,4	0,42
P-225	55,4	0,51
P-226	55,4	0,08
P-227	55,4	1,9
P-228	55,4	0,03
P-229	55,4	0,39
P-236	96,8	0,05
P-237	141	0,07
P-238	141	1,03
P-239	141	0,38
P-240	141	0,78
P-241	110,2	0,09
P-242	35,2	0,07
P-243	35,2	1,87
P-244	35,2	0,05
P-245	66	0,06
P-246	44	1,53
P-247	35,2	0,63
P-248	35,2	0,26
P-249	79,2	0,07
P-250	55,4	0,04
P-251	55,4	0,25
P-252	96,8	0,1
P-253	44	1,25
P-255	35,2	1,92
P-256	66	2,43
P-257	110,2	2,71
P-258	55,4	3
P-259	79,2	2,78
P-260	55,4	2,18
P-261	55,4	2,32
P-262	55,4	2,42
P-263	110,2	2,42
P-264	55,4	1,62
P-265	110,2	0,68

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-266	110,2	0,39
P-267	176,2	0,11
P-268	176,2	4,19
P-269	44	0,09
P-270	44	0,14
P-271	66	0,09
P-272	66	2,49
P-273	66	2,92
P-274	44	2,36
P-275	55,4	1,84
P-276	55,4	2,5
P-277	55,4	0,57
P-278	55,4	0,4
P-279	96,8	0,14
P-280	35,2	0,14
P-281	35,2	0,08
P-282	96,8	0,11
P-283	96,8	0,3
P-284	55,4	0,11
P-285	141	0,59
P-286	44	0,28
P-287	44	3,67
P-288	141	3,68
P-289	141	3,68
P-290	141	3,68

- les vitesses selon Epanate :

N°	Diametre mm	Vitesse (Epanat) m/s
Conduite		
P-2	176,2	1,83
P-3	176,2	1,81
P-4	176,2	1,75
P-5	176,2	1,69
P-6	141	1,04
P-8	35,2	0,82
P-9	35,2	0,66
P-10	35,2	0,63
P-11	55,4	0,51
P-12	55,4	0,52
P-13	55,4	0,51
P-14	55,4	0,57
P-15	55,4	1,12
P-16	55,4	1,14
P-17	55,4	1,46
P-18	55,4	2,18
P-19	55,4	2,23
P-20	35,2	1,11
P-21	79,2	1,41
P-22	35,2	0,36
P-23	35,2	0,36
P-24	35,2	0,54
P-25	35,2	0,56
P-26	35,2	0,55
P-27	35,2	0,55
P-28	35,2	0,55
P-29	35,2	0,56
P-30	35,2	0,55
P-31	35,2	0,56
P-32	35,2	0,56
P-33	35,2	0,56
P-34	79,2	1,73
P-35	55,4	0,82
P-36	55,4	0,68
P-37	55,4	0,6
P-38	55,4	0,34
P-39	55,4	0,44
P-40	55,4	0,52

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-41	55,4	0,51
	55,4	0,63
P-43	55,4	0,5
P-44	55,4	0,37
P-45	55,4	0,26
P-46	55,4	0,52
P-47	55,4	0,53
P-48	79,2	0,38
P-49	79,2	0,9
P-50	79,2	0,95
P-51	79,2	1,08
P-52	44	0,5
P-53	66	0,49
P-54	66	0,59
P-55	44	1,55
P-56	96,8	1,47
P-57	66	0,47
P-58	141	1,63
P-59	141	1,63
P-60	79,2	0,46
P-61	79,2	0,56
P-62	79,2	0,47
P-63	79,2	0,42
P-64	79,2	0,18
P-65	79,2	0,48
P-66	79,2	0,44
P-67	79,2	0,71
P-68	79,2	0,54
P-69	79,2	0,37
P-70	79,2	0,66
P-71	79,2	0,53
P-72	79,2	0,35
P-73	79,2	0,65
P-74	79,2	1,35
P-75	79,2	0,52
P-76	79,2	1,63
P-77	79,2	1,07
P-78	79,2	0,81
P-79	110,2	1,48
P-80	141	1,72
P-81	141	1,66
P-82	141	1,62
P-83	141	1,71

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-84	141	1,66
P-85	141	1,05
P-87	141	1,04
P-88	55,4	0,68
P-89	141	0,97
P-90	141	0,95
P-91	141	0,92
P-92	141	0,46
P-93	55,4	0,66
P-95	55,4	0,45
P-96	66	1,29
P-97	55,4	0,44
P-98	55,4	0,52
P-99	55,4	1,52
P-100	44	1,08
P-101	55,4	1,35
P-102	44	0,91
P-103	55,4	0,92
P-104	44	0,52
P-105	55,4	0,48
P-106	66	0,93
P-107	66	0,61
P-108	55,4	1,21
P-109	79,2	1,92
P-110	79,2	0,55
P-111	55,4	0,77
P-112	66	0,64
P-113	55,4	0,44
P-114	44	0,44
P-115	35,2	0,19
P-116	44	0,89
P-117	55,4	0,42
P-118	44	0,64
P-119	96,8	0,69
P-120	44	0,54
P-121	79,2	1,13
P-122	44	0,81
P-123	55,4	0,66
P-124	44	0,66
P-125	55,4	0,75
P-127	55,4	0,66
P-128	44	0,76
P-129	79,2	0,92

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-130	44	0,31
P-131	55,4	1,66
P-132	66	1,25
P-133	55,4	0,94
P-134	55,4	0,52
P-135	55,4	0,44
P-136	66	1,44
P-137	55,4	1,64
P-138	79,2	0,53
P-139	55,4	0,98
P-140	55,4	0,86
P-141	55,4	0,44
P-142	55,4	0,43
P-143	55,4	0,7
P-144	44	0,4
P-145	55,4	0,37
P-146	44	0,79
P-147	55,4	0,39
P-148	55,4	0,46
P-149	55,4	0,51
P-150	55,4	1,43
P-151	55,4	1,14
P-152	44	0,83
P-153	44	1,08
P-154	44	1,47
P-155	44	1,36
P-156	44	1,24
P-157	44	1,01
P-158	44	0,41
P-159	44	0,62
P-160	44	0,48
P-161	44	0,55
P-162	44	0,56
P-163	44	0,5
P-164	96,8	1,98
P-165	96,8	1,93
P-166	96,8	1,85
P-167	96,8	1,65
P-168	96,8	1,39
P-169	44	0,47
P-170	96,8	1,3
P-171	55,4	0,87
P-172	55,4	0,58

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-173	55,4	0,83
P-174	66	0,61
P-175	44	0,74
P-176	55,4	0,66
P-177	66	0,7
P-178	96,8	0,94
P-179	55,4	0,43
P-180	96,8	0,99
P-181	55,4	0,54
P-182	55,4	0,59
P-183	55,4	0,56
P-184	55,4	0,72
P-185	66	0,56
P-186	66	0,66
P-187	55,4	0,49
P-188	66	0,84
P-189	55,4	0,51
P-190	96,8	0,53
P-191	66	0,73
P-192	96,8	0,87
P-193	66	0,63
P-194	66	0,66
P-195	44	1,19
P-196	44	0,63
P-197	44	0,53
P-198	44	0,76
P-199	96,8	1,16
P-200	44	0,52
P-201	44	0,45
P-202	44	0,56
P-203	44	0,66
P-204	44	0,69
P-205	35,2	1,9
P-206	76,2	0,71
P-207	44	0,58
P-208	55,4	0,82
P-209	55,4	0,56
P-210	79,2	0,49
P-211	66	0,89
P-212	55,4	0,68
P-213	35,2	0,77
P-214	55,4	0,55
P-215	55,4	0,58

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-216	35,2	1,12
P-217	35,2	0,5
P-218	96,8	0,81
P-219	55,4	0,61
P-220	55,4	0,63
P-221	55,4	1,96
P-222	55,4	0,56
P-223	55,4	0,86
P-224	55,4	1,58
P-225	55,4	0,68
P-226	55,4	0,59
P-227	55,4	0,68
P-228	55,4	0,54
P-229	55,4	0,66
P-236	96,8	1,45
P-237	141	1,92
P-238	141	1
P-239	141	1,08
P-240	141	1,08
P-241	110,2	1,45
P-242	35,2	1,24
P-243	35,2	0,82
P-244	35,2	0,49
P-245	66	1,5
P-246	44	0,8
P-247	35,2	0,56
P-248	35,2	0,54
P-249	79,2	1,12
P-250	55,4	1,5
P-251	55,4	1,96
P-252	96,8	1,57
P-253	44	1,28
P-255	35,2	0,86
P-256	66	0,95
P-257	110,2	0,62
P-258	55,4	1,05
P-259	79,2	1,1
P-260	55,4	0,59
P-261	55,4	1,8
P-262	55,4	1,85
P-263	110,2	0,55
P-264	55,4	1,6
P-265	110,2	0,87

Annexe03 : calcul des vitesses et des pressions

P-266	110,2	0,92
P-267	176,2	0,54
P-268	176,2	0,54
P-269	44	1,12
P-270	44	0,61
P-271	66	0,62
P-272	66	0,68
P-273	66	0,63
P-274	44	0,99
P-275	55,4	0,62
P-276	55,4	0,72
P-277	55,4	0,81
P-278	55,4	0,57
P-279	96,8	1,16
P-280	35,2	0,51
P-281	35,2	0,78
P-282	96,8	0,64
P-283	96,8	0,52
P-284	55,4	0,44
P-285	141	1,69
P-286	44	0,72
P-287	44	1,28
P-288	141	2,02
P-289	141	2,03
P-290	141	2,03

Annexe 03 :calcul des vitesses et pressions

Les noeuds	Pression (mce)
	WATRCADÉ
J-1	33
J-2	29
J-3	27
J-4	19
J-5	13
J-6	18
J-7	14
J-8	18
J-9	20
J-10	19
J-11	18
J-12	16
J-13	13
J-14	12
J-15	11
J-16	12
J-17	14
J-18	19
J-20	20
J-21	12
J-22	11
J-23	12
J-24	12
J-25	11
J-26	12
J-27	13
J-28	14
J-29	16
J-30	16
J-31	18
J-32	17
J-33	16
J-34	14
J-35	15
J-36	17
J-37	17
J-38	16
J-39	16
J-40	15
J-41	17

Annexe 03 :calcul des vitesses et pressions

J-42	13
J-43	13
J-44	12
J-45	12
J-46	11
J-47	19
J-48	13
J-49	14
J-50	14
J-51	24
J-52	13
J-53	25
J-54	29
J-55	25
J-56	14
J-57	10
J-58	15
J-59	26
J-60	28
J-61	10
J-62	8
J-63	7
J-64	18
J-65	22
J-66	25
J-67	19
J-68	28
J-69	21
J-70	15
J-71	12
J-72	9
J-73	14
J-74	18
J-75	15
J-76	15
J-77	18
J-79	21
J-81	25
J-83	12
J-84	21
J-85	33
J-86	

J-87
J-88
J-89
J-91
J-92
J-93
J-94
J-95
J-96
J-97
J-98
J-99
J-100
J-101
J-102
J-103
J-104
J-105
J-106
J-107
J-108
J-109
J-110
J-111
J-112
J-113
J-114
J-115
J-116
J-117
J-118
J-119
J-120
J-121
J-122
J-123
J-165
J-166
J-167
J-168
J-169
J-170

Références bibliographiques

- 1- **ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN**: Modélisation d'un réseau d'AEP et contribution à sa gestion à l'aide d'un SIG - Cas du Groupement Urbain de Tlemcen – -DUPONT A. (1979), Hydraulique urbaine, Ouvrages de transport, elevation et distribution des eaux, Tome 2, Edition Eyrolles, Paris.

- 2- **CHEMIDI Mostafa & KADDOUR Yasser** ,ETUDE DIAGNOSTIQUE DU RESEAU D'AEP DE M'DIG ET SIDI AISSA, CHETOUANE , Université ABOU BEKR BELKAID, .Soutenue publiquement le 25/05/2016

- 3- **FATEH OUELLABI** et **YOUCEF CHETTOU**: dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de secteur route de touguert – el oued- juin 2015

- 4- **Habert.E (2000)** (Qu'est-ce qu'un système d'information géographique) ,PDF, laboratoire de cartographie appliqué-institut de recherche pour le développement (IRD),Fance.

- 5- **Hugues GODART** , Adduction et distribution d'eau , Ingénieur civil des Mines , 22/09/2008

- 6- **WaterCAD** wser's Guide water distribution modelling software [Bentley].

- 7- http://www.academia.edu/32689770/Projet_dAlimentation_en_Eau_Potable

- 8- <https://www.google.com/search?q=4.2.3+FAT1+Conception+des+reseaux+d+adduction+et+reseaux+de+distribution%281%29&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b>

- 9- <https://fr.scribd.com/document/378079823/19-bedj-pdf>