

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
-ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

Spécialité : Conception des Systèmes d'Alimentation en Eau Potable.

THEME :

**DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ALIMENTATION EN
EAU POTABLE DE LA VILLE DE HASSAINIA
(W.BLIDA)**

Présenté par :
MOUSSOUNI Abderzak

Promoteur :
Mr A. AYADI

Devant le jury composé de :

Président :
Mr T. KHETTAL

Examineurs:
Mr O. KHOJDET-KESBA
Mr M. BACHIRE CHERIF
M^{me} N. ZENDAGUI

08 juillet 2007

ملخص:

الدراسة التي نقوم به
ا تهدف

إلى تشخيص نظام تزويد بالمياه الصالحة للشرب لمدينة حسينية، أعطينا في أول الأمر نظرة عامة على الوضعية الحالية لمختلف البنايع المائية و منشآت التخزين، ثم انتقلنا إلى تقييم احتياجات السكان للمياه حتى سنة 2035. قمنا بالبحث على مشاكل نظام التزويد بالمياه الصالحة للشرب و اقتراح الحلول اللازمة لهذه المشاكل، ثم انتقلنا إلى حماية الأنابيب من نطحة الكبش. كما نذكر أيضا طرق التسيير و عمليات المراقبة و التصليح التي تجرى على منشآت الري.

Résume :

Notre étude consiste à établir un diagnostic du système d'alimentation en eau potable de la ville de Hassainia. J'ai donné en premier lieu un aperçu général sur la situation actuel de toute la chaîne de distribution du réseau d'alimentation en eau potable. Après j'ai stockage, puis passé à l'estimation des besoins en eaux de la population de Hassainia jusqu'à l'année 2035. J'ai détecté les défaillances du système d'alimentation en eau potable et proposé des solutions. Puis j'ai passé à la protection des conduites contre la corrosion et le coup de bélier. J'ai cité aussi les notions de gestion, d'exploitation et les opérations de contrôle et d'entretien effectués sur tous les ouvrages hydrauliques.

Abstract

Our study consists in establishing a diagnosis of the feeding system out of drinking water of the town of Hassainia; I have given, firstly, a general overview on the actual situation of any distribution chain of drinking water network. After I have estimated the Hassainia inhabitants' needs of water the year of 2035. we have found defects of the drinking water network and proposed solutions. Then I have moved to the protection of the pipes against water hammer. I quote also the concepts of management, exploitation and the check operations and maintenance to carry out on all the works hydraulic.

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

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA VILLE

I Présentation de la ville	2
I.1 Situation géographique	2
I.2 Climat.....	2
I.2.1 Température	3
I.2.2 Pluviométrie	4
I.2.3 Vents	4
I.3 Topographie	4
I.4 Géologie.....	5
I.5 Hydrogéologie.....	5
I.6 La sismicité	7
I.7 Ouvrages de stockage.....	7
I.7.1 : Equipement des réservoirs	7
1.1.1 I.7.1.1 : Conduite d'arrivée	7
1.1.2 I.7.1.2 : conduite de distribution	7
I.7.1.3 conduite de décharge ou de vidange	8
I.7.1.4 Conduite de trop-plein	8
I.7.1.5 By-pass.....	8
I.7.1.6 Matérialisation de la réserve d'incendie	8
I.8 Description du système d'AEP du centre urbaine de Hassainia.....	9
I.9 Ressource en eaux.....	11
I.11 Analyse du réseau de distribution	11
I.11.1 Conduites de distribution	11
I.12 Qualité chimique	12

CHAPITRE II : ESTIMATION DES BESOINS EN EAUX

Introduction :	14
II.1 Evolution de la population entre 1998 et 2035.....	14
II.2 Evolution des besoins en eau.....	15
II.2.1 Consommation unitaire.....	15
II.2.2 Evolution de la demande en eau	17
II.2.3 Variation des débits horaire de la ville de Hassainia.....	18
II.2.4 Bilans	23
II.2.4.1 Bilans de stockage	23
II.2.4.2 Bilans ressources - besoins	24
Conclusion :	25

CHAPITRE III : simulation hydraulique du réseau de distribution pour 2006 et 2035

Introduction	26
III.1 Présentation de PICCOLO	26
III.1.1 Les différentes fonctions de base de PICCOLO	26
III.1.2 MODULE DE BASE	27
III.1.3 L'environnement d'utilisation.....	28
III.1.4 Langues disponibles :	28
III.1.5 Langage de commande.....	29
III.1.6 Applicatifs prédéfinis	29
III.1.7 Les modules optionnels.....	29
III.1.7.1 Module Dépôt- érosion.....	30
III.1.7.2 Module Qualité.....	30
III.1.7.3 Module de calcul des coûts d'exploitation	30
III.1.7.4 Module de dimensionnement	31
III.1.7.5 Module Ganessa	31
III.1.8 Calcul des coups de béliers	31
III.1.9 Accroître la productivité avec (RESOCAD) pour (PICCOLO).....	31
III.1.10 Les points forts de PICCOLO	31
III.1.11 Interface utilisateur.....	32
III.1.12 Modélisation.....	32
III.1.12.1 Fonctions avancées.....	33
III.1.13 Saisie des données	33
III.1.13.1 Saisie directe sous Piccolo	33
III.1.13.2 Les fonctions d'édition intégrées	33
III.1.13.3 Les fonctions de digitalisation intégrées	33
III.1.13.5 Présentation des données.....	34
III.1.13.6 Modifications	34
III.1.14 Le gestionnaire de projets	34
III.1.15 Liaison avec les Systèmes d'Information Géographiques	34
III.1.16 Exploitation des résultats	35
III.1.16.1 Tables de résultats	35
III.1.16.2 Equation de perte de charge	35
III.1.17 Définition du modèle.....	38
III.1.18 données physique de réseau	38
III.1.19 Les réservoirs	39
III.1.19.1 référence de réservoir	39
III.1.19.2 Réservoir tampon alimenté par le bas	40
III.1.19.3 Réservoir alimenté par le bas	40
III.1.19.4 Réservoir alimenté par le haut.....	40
III.1.20 Les nœuds.....	41
III.2.simulation du réseau actuel 2006	42
III.3 Simulation du réseau futur 2035	50
III.4 Profils en long	56
Conclusion.....	64

CHAPITRE IV : Remarque et solution pour 2006 et 2035

Introduction	65
IV.3 Analyse de la situation actuelle 2006	65
IV.3.1 Interprétation des résultats de calcul de 2006	65
IV.4 Solution du réseau actuel	66
IV.5 Analyse de la situation futur 2035	66
IV.5.1 Interprétation des résultats de calcul pour 2035	66
IV.3 Proposition des nouveaux diamètres	68
Conclusion	70

CHAPITRE V : Description du système d'alimentation en eau potable de Hassainia

Introduction	71
V.1 Etat du forage	71
V.2 Les conduites d'adductions	72
V.3 Etat des stations de pompage	72
V.4 Simulation de la conduite de refoulement	72
V.5 courbes caractéristiques	74
Conclusion	76

CHAPITRE VI : Protection des conduites

Introduction	77
VI.1 La corrosion	77
VI.1.1 Généralité	77
VI.1.2 Les facteurs de la corrosion	77
VI.1.3 La corrosion interne	78
VI.1.4 Corrosion externe	79
VI.1.5 Protection des conduites contre la corrosion	80
VI.1.5.1 Corrosion externe	80
VI.1.5.1.1 Protection cathodique :	80
VI.1.5.1.2 protection cathodique par anode réactive ou consommable	80
VI.1.5.1.3 protection cathodique par soutirage du courant	81
VI.1.5.2 corrosion interne des conduites	81
VI.2 Le coup de bélier	81
VI.2.1 Généralité	81
VI.2.2 Les risques dus aux coups de bélier	82
VI.2.3 Interprétation physique du coup de bélier	83
VI.2.4 Moyen de protection contre le coup de bélier	83
VI.2.5 Principe de fonctionnement du réservoir anti-bélier	86
VI.2.6 Dimensionnement du réservoir d'air par la méthode de Bergeron	86
VI.2.6.1 Calcul de la célérité d'onde	87
VI.2.6.2 Calcul des pertes de charge	88
IV.2.7 L'épure de Bergeron	89
Conclusion	93

CHAPITRE VII : Gestion et suivi du réseau

Introduction	94
VII.1 La gestion des forages	94
VII.1 VII.1.1 adapter la pompe au captage	94
VII.1.2 la connaissance des paramètres patrimoniaux.....	95
VII.2 VII.1.3 Les équipements techniques	95
VII.2 Maintenance.....	96
VII.2.1 La maintenance préventive	96
VII.2.1 VII.2.1.1 L'entretien courant.....	96
VII.2.1.2 L'entretien préventif systématique	96
VII.2.1.3 L'entretien préventif exceptionnel.....	96
VII.2.2 La maintenance curative	96
VII.3 Gestion technique et suivie général des installations (pour un captage par forage).....	97
VII.4 Vieillessement et traitement des forages	98
VII.4.1 Phénomène de corrosion.....	98
VII.4.1.1 Protection active	98
VII.4.1.2 Protection passive	98
VII.4.2 Phénomène de colmatage	98
VII.5 Gestion et exploitation des réservoirs.....	99
VII.5.1 Equipement des réservoirs	99
VII.5.2 Aspects liés à l'exploitation des réservoirs.....	100
VII.5.2.1 Opération de nettoyage	100
VII.5.2.2 Contrôle de la qualité de l'eau	101
VII.6 Gestion et exploitation des réseaux	101
VII.6.1 La surveillance et l'entretien courant des adduction et réseau de distribution	101
Conclusion.....	102
Conclusion générale	103

Listes des figures :

FigureI.1 : la carte pluviométrique établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques	3
FigureI.2 : hydrogéologie de la plaine étudiée du forage F1bis.....	7
FigureI.3 : Description du système d'AEP du centre urbaine de Hassainia	10
FigureI.4 : les diamètres des matériaux utilisés dans le réseau de Hassainia.....	12
FigureI.5 : Extrait de la carte hydrogéologique d'Alger	13
FigureII.1 : Accroissement de la population de Hassainia	15
FigureII.2 : Diagramme de la consommation totale	21
FigureII.3 : courbe intégrale de la consommation	22
FigureII.4 : Bilan des ouvrages de stockages de Hassainia	23
FigureII.5 : Bilan ressource besoin de Hassainia.....	24
FigureIII.1 : les noeuds	45
FigureIII.2 : longueurs et diamètres pour 2006	46
FigureIII.2 : Débits et vitesses pour 2006.....	47
FigureIII.4 : pressions aux nœuds pour 2006	48
FigureIII.5 : la concentration du chlore dans chaque tronçon pour 2006.....	49
FigureIII.6 : Débits et vitesses pour 2035.....	47
FigureIII.7 : pressions aux nœuds pour 2035	48
FigureIII.8 : la concentration du chlore dans chaque tronçon pour 2035.....	49
FigureIII.1 : profile en long du tronçon R2-N15	57
FigureIII.2 : profile en long du tronçon N15-N27	58
FigureIII.3 : profile en long du tronçon N27-N39	47
FigureIII.4 : profile en long du tronçon N3-N6.....	48
FigureIII.5 : profile en long du tronçon N6-N20	49
FigureIII.6 : profile en long du tronçon N9-N20.....	47
FigureIII.7 : profile en long du tronçon N34-N38	48
FigureV.1 : Débit dans la conduite de refoulement.....	73
Figure V.2 : vitesse dans la conduite de refoulement.....	74
FigureV.3 : courbe caractéristique de la pompe immergée.....	76
FigureVI.1 : Epure de Bergeron.....	92

Listes des tableaux :

Tableau I.1 : Température mensuelle.....	3
Tableau I.2 : Précipitation maximale mensuelles	4
Tableau I.3 : les vitesses du vent au cours de l'année	4
Tableau I.4 : Caractéristiques des réservoirs	7
Tableau I.5 : conduites de distribution de Hassainia	11
Tableau II.1 : Population de Hassainia pour différents horizons.....	14
Tableau II.2 : Les besoins unitaires	16
Tableau II.3 : Estimation la dotation globale.....	16
Tableau II.4 : les taux de pertes dans le réseau.....	17
Tableau II.5 : Les taux de raccordement	18
Tableau II.6 : Les besoins en eau pour différents horizons	18
Tableau II.7 : Variation horaire de la consommation totale dans divers centres d'agglomérations	19
Tableau II.8 : Variation des débits horaires de la ville de Hassainia.....	20
Tableau II.9 : déficit de stockage.....	23
Tableau II.10 : Bilan ressources – besoins	24
Tableau III.1 : différents tronçons avec leurs caractéristiques	42
Tableau III.2 : Les pressions aux noeuds	43
Tableau III.3 : différents tronçons avec leurs caractéristiques	50
Tableau III.4 : Les pressions aux nœuds	51
Tableau IV.1 : les vitesses inférieures à la normale.....	67
Tableau IV.2 : les nouveaux diamètres	68
Tableau IV.3 : les pressions aux nœuds	69
Tableau V.1 : Etat du forage	71
Tableau V.2 : les caractéristiques de la conduite d'adduction	72
Tableau VI.1 : calcul du réservoir d'air	77
Tableau VII.1 : équipement des réservoirs	99

Introduction générale:

L'eau, source de vie par excellence, est notre or bleu. Un trésor qui n'est ni inépuisable, ni inaltérable. Au XXI^e siècle, l'eau va poser aux hommes, qui continuent trop souvent à la traiter avec une nonchalance coupable, un certain nombre de défis majeurs pour notre avenir sur la Planète.

L'eau constitue l'élément prépondérant dans tout processus vivant, elle est le catalyseur inévitable dans toute opération entre êtres vivants ou végétaux.

L'Algérie se trouve dans une des régions du monde les plus défavorisées en matière de disponibilités hydriques. Or, non seulement l'explosion démographique et la croissance économique entraînent une demande en eau qui dépasse de très loin les ressources disponibles, mais, en plus, rien n'indique que la sécheresse qui a sévi ces deux dernières décennies laissera place à une pluviosité abondante. Cette sécheresse s'est répercutée fatalement sur les ressources en eau, l'environnement et les activités socioéconomiques : restriction dans l'alimentation en eau potable des villes, réduction de la production agricole et de l'activité industrielle. En résumé L'eau est un secteur en crise, Le stress hydrique affecte essentiellement le pays.

L'une des préoccupations constantes des pouvoirs publics a été de s'efforcer de résoudre l'épineuse équation entre les ressources en eau et la satisfaction des besoins en eau de la population, de l'industrie et de l'irrigation.

L'homme réalisant des progrès énormes et une percée spectaculaire dans le temps, il est primordiale de concevoir des réseaux d'alimentation en eau potable à même de répondre aux exigences des temps modernes et surtout assurer une sécurité totale quand a la potabilité de cette eau.

Dans l'étude qui suit, nous allons faire un diagnostic du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de HASSAINIA. Essaierons malgré la disponibilité de la ressource et un réseau récemment réalisé, l'APC de HAssainia n'arrive pas à assurer une alimentation continue. A cet effet, notre étude aura comme objectif, une étude du réseau, son diagnostic et éventuellement proposer des solutions.

I Présentation de la ville

I.1 Situation géographique

Le centre de HASSAINIA fait partie de la de la wilaya de Blida, daïra de Boufarik, commune de Bouinan. Cette dernière s'étend sur une superficie de 7309ha se situe au centre de la plaine de la Mitidja a une quinzaine de Kilomètre du chef lieu de la wilaya de Blida et à 35Km au sud-ouest de la capitale d'Alger.

60% de sa superficie globale (4385ha) se trouve en montagne.

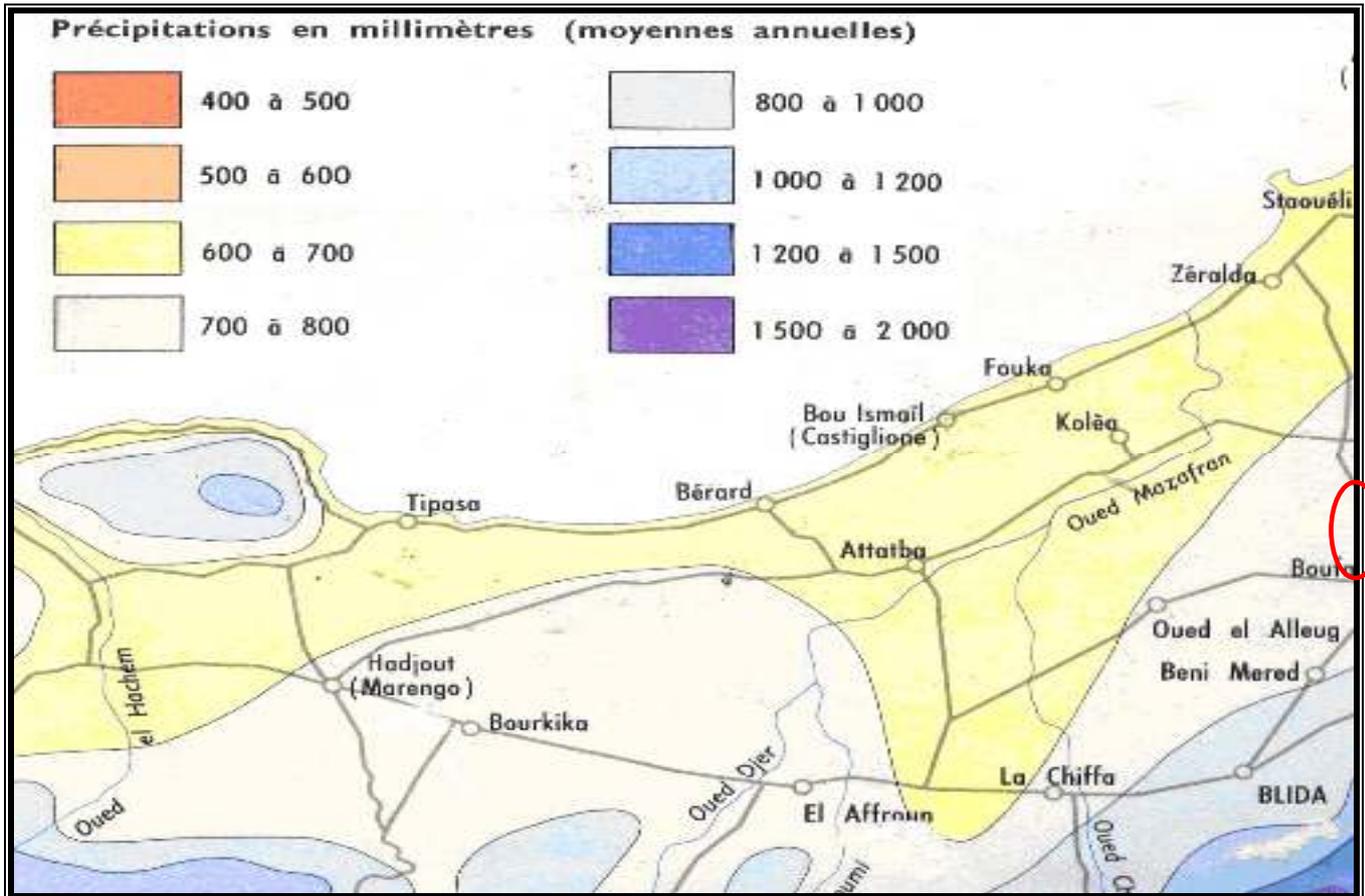
La commune de Bouinan est entourée par les communes suivantes :

- Au Nord par la commune de BOUFARIK et CHEBLI
- A l'Est par la commune de SOUMAA
- A l'Ouest par les commune de BOUGARA et HAMMAM MELOUANE
- Au Sud par CHERIA. (Voir la plancheN°1)

I.2 Climat

Notre région appartient à la plaine de Mitidja. La plaine de la Mitidja occidentale est soumise à un climat subhumide littoral caractérisant l'ensemble des plaines côtières. Le climat devient plus humide et continental sur les reliefs du Sud où l'on enregistre une baisse sensible des températures.

A l'échelle du bassin versant, la lame d'eau moyenne annuelle précipitée est égale à 700-800 comme le montre l'extrait de la carte pluviométrique établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (FigI.1)



Source ANRH

Figure I.1 : la carte pluviométrique établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques

I.2.1 Température

Les températures dont nous disposons sont celles de BLIDA et ses alentours. Les analyses des moyennes mensuelles de températures montre des valeurs élevées entre le mois juin à septembre varient entre $26,50^{\circ}\text{C}$ à $27,3^{\circ}\text{C}$.

Par contre les températures les plus basses marquent les mois de décembre à Février varient de 2°C à 6°C . À la vue de cette observation, on constate que la région est caractérisée par une alternance de saison sèche et chaude avec de températures en mois d' Août de $27,3^{\circ}\text{C}$ et d'une saison humide et froide avec des températures de $9,3^{\circ}\text{C}$ en mois de janvier.

Tableau I.1 : Température mensuelle (Source A.N.R.H- Blida)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Tmin (°C)	17	15.5	6.5	5.5	2	4	6	7	15	18	21.5	21
Tmax (°C)	32	32	26	18.5	15	17	30	23	30	37	35	40
Tmoy (°C)	24.3	21.9	14.7	11.1	9.3	10.3	17.3	16.8	22.4	26.5	28.5	27.3

Avec:

Tmin: température minimale mensuelle en degré celsius

Tmax : température maximale en degré celsius

Tmoy : : température moyenne en degré celsius

I.2.2 Pluviométrie

La pluviométrie de la région est méditerranéens caractérisé par une double irrégularité annuelle et interannuelle.

Malgré sa position septentrionale, il y a une nette opposition entre la saison froide et humide et la saison chaude et sèche.

Les précipitations moyennes mensuelles de la station de Soumaa sont représentées dans le tableau I.2

Tableau I.2 : Précipitation maximale mensuelles (Source A.N.R.H – Blida)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pmaxj (mm)	49.5	69.7	84.8	101.0	168.1	101.1	25.2	40.6	5.6	1.9	0	2.4

L'analyse de tableau nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les précipitations ne sont pas réparties uniformément au cours de l'année.
- Les mois juin, juillet et Août accusent une très faible pluviométrie par contre au maximum très accusé entre les mois de décembre janvier et février.

I.2.3 Vents

Les vents constitue un facteur écologique important à des titres divers : agent de transport, facteur climatique, facteur mécanique.

Les vents soufflants dans notre région sont généralement de direction nord est, avec une vitesse qui croit avec l'altitude, la vitesse moyenne est de 2,5m/s à 3m/s.

La vitesse des vents au cours de l'année (en m/s) est représentée dans le tableau I.3

Tableau I.3 : les vitesses du vent au cours de l'année

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	2,5	2,3	2,5	3,7	3,0	3,1	2,9	3,1	2,8	3,0	3,2	3,1

I.3 Topographie

La région étudiée est circonscrite dans la partie aval du bassin de Oued Chiffa, faisant partie de la vaste plaine de la Mitidja. D'environ 100 Km de longueur et 2 à 18 Km de largeur, cette dernière est une dépression allongée d'Ouest en Est, de Hadjout à Blida et s'incurve en direction WSW – ENE de Blida jusqu'à l'Oued El Hamiz et la mer. Cette plaine,

limitée à l'Ouest par l'Oued Nador et à l'Est par l'Oued Boudouaou, est bordée par deux zones élevées : le Sahel (260m) au Nord et l'Atlas (1200m) au Sud.

Globalement, la ville repose sur un relief dont la pente est supérieure à 100 mètres, selon un axe R2 et le Nœud 31 les cotes vont de 140 m NGF à 119.45 m NGF. (voir la planche N°2

I.4 Géologie

Le secteur d'étude est subdivisé en trois grands ensembles identifiés par des caractéristiques morphologiques et géologiques spécifiques Glangeaud 1952 et Ayne (1964) et de Bennie and Partners (1983).

Du Nord vers le Sud, on distingue :

Le piémont Sud du Sahel : Il englobe les petits reliefs qui s'étendent entre le massif de Bouzaréah au Nord et les rives gauches de Oued El Hamiz au sud-est,

Le bassin mio-plio-quatenaire qui constitue la plaine de la Mitidja proprement dite, L'Atlas Blidéen qui correspond à un vaste massif montagneux composé des séries épaisses du Crétacé.

I.5 Hydrogéologie

Dans la région d'étude, on distingue l'apparition de la formation de la Mitidja (Soltanien-Tensiftien) qu'il repose sur les formations semi-perméable des marnes d'El Harrach. Tandis que l'astien est enfouie à plus de 300 m de profondeur ensuite il disparaît lorsque on se rapproche du piémont de l'Atlas.

Les sédiments clastiques de la formation de la Mitidja et les sédiments fluviaux récents constituent l'aquifère le plus important de la plaine de la Mitidja.

Cet aquifère, composé de graviers et de galets alternant avec des limons et argiles, occupe toute l'étendue de la plaine. Sa limite inférieure est constituée par les marnes de la formation d'El Harrach et sa limite supérieure est libre sauf dans la zone du Mazafran où la nappe est captive sous les limons du Rharbien. Les coupes géo-électriques (Fig 02) montre que l'aquifère se développe sur une épaisseur de 100 à 150 m en moyenne et va en s'amincissant vers le sud pour atteindre l'Atlas.

La nappe alluviale de la Mitidja est alimentée par :

- infiltration des précipitations sur la plaine,
 - infiltration à partir des cours d'eau et du ruissellement sur les piémonts de l'Atlas,
 - écoulement souterrain de l'Atlas,
 - fuites des réseaux de distribution en eau,
- infiltrations des eaux d'irrigation excédentaires.

STRATIGRAPHIE		LITHOLOGIE	ÉPAISSEUR	HYDROGÉOLOGIE
QUATÉRNAIRE	ACTUEL	Dépôts de lits des oueds Dépôts de piémonts	20m	Pérméables (zone de chenaux très transmissifs)
	FLANDRIEN RHABIEN	Limons et argiles limoneuses sables consolidés à Lumachelles	30 30	Faible pérméabilité (ressources en eau très faibles)
	SOLTANIEN TENSIFTIEN	formation de la Mitidja (alternance de gravier et argile)	150	Pérméabilité élevée = Nappe de la Mitidja (ressources en eau importantes et très exploitées)
	CALABRIEN VILAFRAN-FRANCHIEN	formation d'El Harrach (Argiles et cailloutis)	100	Pérméabilité faible (substratum de la nappe de la Mitidja)
PLIOCÈNE	ASTIEN	Affleure largement dans le Sahel et se présente sous les faciès: -marno-sableux -calcaro-gréseux -gréso-sableux.	100	pérméabilité variable : forme une nappe libre dans le Sahel devenant captive sous la Mitidja.
	PAISANCIEN	marnes et argiles bleues (affleure uniquement dans le Sahel d'Alger).	200	Pérméabilité très faible = substratum de la nappe de l'Astien dans le Sahel et dans la Mitidja.
MIOCÈNE	VINDOBONIE	Marnes à lentilles de calcaire et marnes glauconieuses	50	Pérméabilité très faible Pas d'eau souterraine
	BURDIGALIE	Marnes à lentilles de grès	?	pas d'eau souterraine

Figure I 2 : Hydrogéologie de la plaine étudiée du forage F1bis

Source ANRH

Les transmissivités sont très variables, reflètent très exactement la morphologie des comblements alluviaux récents. Dans la zone d'étude elles atteignent 10^{-2} m²/s. Faibles sur les hauts fonds marneux et dans les piémonts de l'Atlas (10^{-3} à 5.10^{-3} m²/s), elles atteignent 4.10^{-2} m²/s dans les chenaux correspondant aux anciennes vallées de la Chiffa et du Mazafran. Les coefficients d'emmagasinement sont moyens : de 6.10^{-2} à 7.10^{-2} dans la partie libre de la nappe et de 2.10^{-4} dans la partie captive de la nappe, près du Mazafran.

I.6 La sismicité

En ce qui concerne l'état sismique de la région de la MITIDJA, c'est une plaine dotée de secousses moyennes à faible. Elle est classée en zone 2 et nécessite d'appliquer en construction les règles de sécurité parasismique en vigueur.

I.7 Ouvrages de stockage

Il existe deux réservoirs de stockage dans la ville de Hassainia. Le premier est celui de 500m³ qui distribue vers la ville, le deuxième celui de 1000m³ il est hors service.

Les caractéristiques de ces réservoirs sont données dans le tableau I.4

Tableau I.4 : Caractéristiques des réservoirs

désignation	Capacité	Cote radier	Cote trop plein	Date de mise en service	observation
Hassainia	500m ³	111	143	1995	Reprise et distribution
Hassainia	1000m ³	166	171	1995	Ne distribue pas

Le château d'eau, d'une capacité de 500 m³, constitue le dispositif de stockage de la ville. Ils datent respectivement des années récentes.

Le trop plein est à l'altitude de R2 143 m NGF.

Le volume d'eau consommé par les habitants est de 145 litres jour habitant.

Il y a actuellement un traitement de l'eau (chloration) au niveau du stockage dans ces bassins.

I.7.1 Equipement des réservoirs [1]

L'équipement des réservoirs, et en particulier leur fontainerie, disposé avantageusement dans une chambre de manœuvre accolée au réservoir doit leur permettre de remplir les diverses fonctions que l'on attend d'eux : réception de l'adduction et départ de l'eau vers la distribution, trop-plein, vidange, by-pass permettant le nettoyage, matérialisation de la réserve d'incendie.

I.7.1.1 Conduite d'arrivée

L'arrivée dans le réservoir de la conduite de refoulement doit se faire par le bas ou en siphon, l'extrémité de siphon étant toujours noyée et de coté opposé à la conduite de départ.

Le réservoir est muni de robinet à flotteur qui sert à remplir le réservoir.

I.7.1.2 conduite de distribution

Pour faciliter le brassage de l'eau dans le réservoir, l'orifice de départ de la conduite de distribution devra être situé autant que possible à l'opposé de l'arrivée.

La conduite de distribution doit être munie à son origine d'une crépine en acier galvanisé, cuivre rouge ou cuivre étamé, constituée d'un corps cylindrique terminé par un collet, d'une bride de serrage et de ses boulons. Dans le cas d'une distribution par gravité, une crépine simple est utilisée ; dans le cas d'une aspiration, il faut prévoir un clapet de pied de crépine.

La crépine se place à 0,15m ou 0,20m au-dessus du fond du réservoir afin que les dépôts ne puissent pénétrer dans la conduite.

I.7.1.3 conduite de décharge ou de vidange

La conduite de vidange doit partir du point le plus bas de radier, afin de pouvoir évacuer les dépôts. A cet effet, le radier est réglé en pente vers l'orifice de la conduite, soit d'une bond de fond.

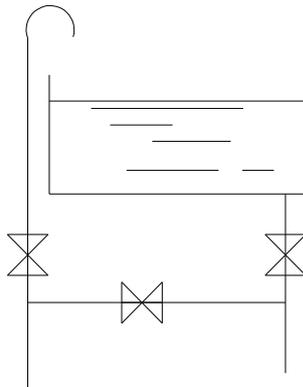
Pour permettre l'inspection et le nettoyage du réservoir, ainsi que d'éventuelles réparations, il est nécessaire de pouvoir le vidanger, au moyen d'une conduite généralement raccordée à la conduite de trop-plein. Cette conduite peut utilement comporter un siphon servant de garde d'eau, pour éviter les émanations gazeuses désagréables en provenance de l'égout.

I.7.1.4 Conduite de trop-plein

La conduite le trop-plein à pour but d'assurer sans déversement du réservoir l'évacuation du débit d'adduction, pour le cas où la pompe d'alimentation ne se serait pas arrêtée. Il doit donc être dimensionné pour ce débit, et conduire l'eau à l'égout en tenant compte des pertes de charge et en limitant la vitesse dans la conduite de trop-plein à 3 ou 4m/s.

I.7.1.5 By-pass

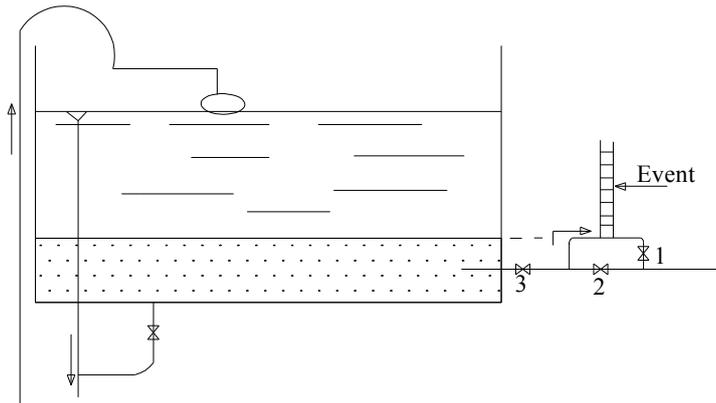
Lorsqu'on désire assurer la distribution pendant la vidange d'un réservoir non compartimenté, il suffit de disposer d'un by-pass



By-pass d'un réservoir

I.7.1.6 Matérialisation de la réserve d'incendie

Pour éviter le risque de développement des micro-organismes contaminant toute l'eau du réservoir et risque de surcroît de lui donner un goût désagréable. une meilleure solution, consiste à prélever dans tous les cas l'eau au voisinage du fond du réservoir, mais en la faisant transiter en service normal par un siphon situé à la cote supérieure de la réserve d'incendie, et muni d'un évent qui le désamorçait dès que l'eau atteint ce niveau.

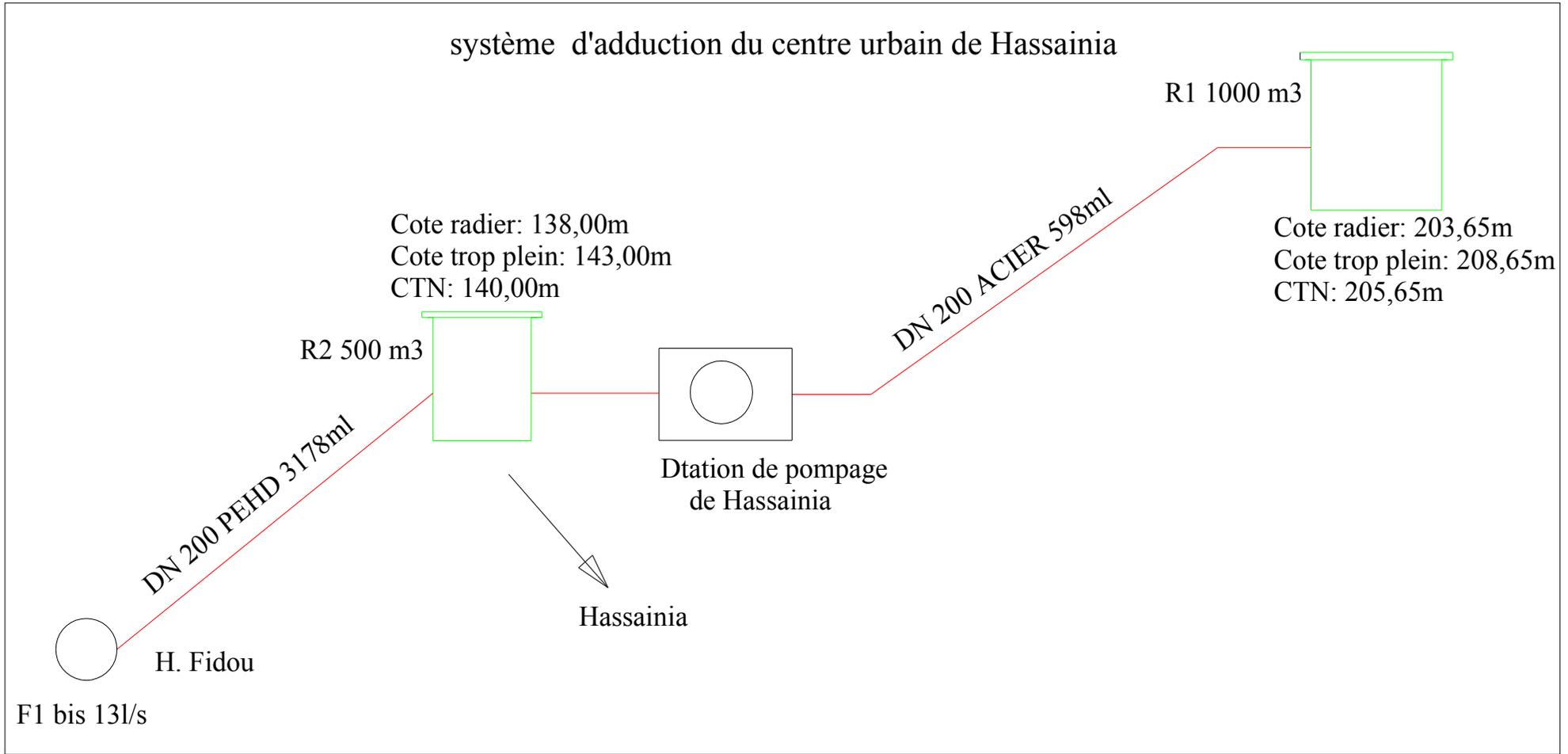


Matérialisation de la réserve d'incendie par siphon et évent

- En cas de fonctionnement normal ; les vannes 1 et 3 seront ouvertes et 2 fermée
- En cas d'incendie 3 et 2 ouvertes et 1 fermée

La vanne 3 sert en cas de panne au niveau de 1 ou 2, on ferme la vanne 3 pour d'éventuels réparations.

Le système d'adduction du centre urbain de Hassainia est représenté dans la figure I.3



I.9 Ressource en eaux

Hassainia est alimentée par le forage F1 bis de capacité 13l/s soit 1123m³/j.

I.11 Analyse du réseau de distribution

Le réseau de distribution a une longueur voisine de 9326 m. Les diamètres varient de 50 à 250 mm.

La majorité des canalisations est en amiante de ciment.

I.11.1 Conduites de distribution

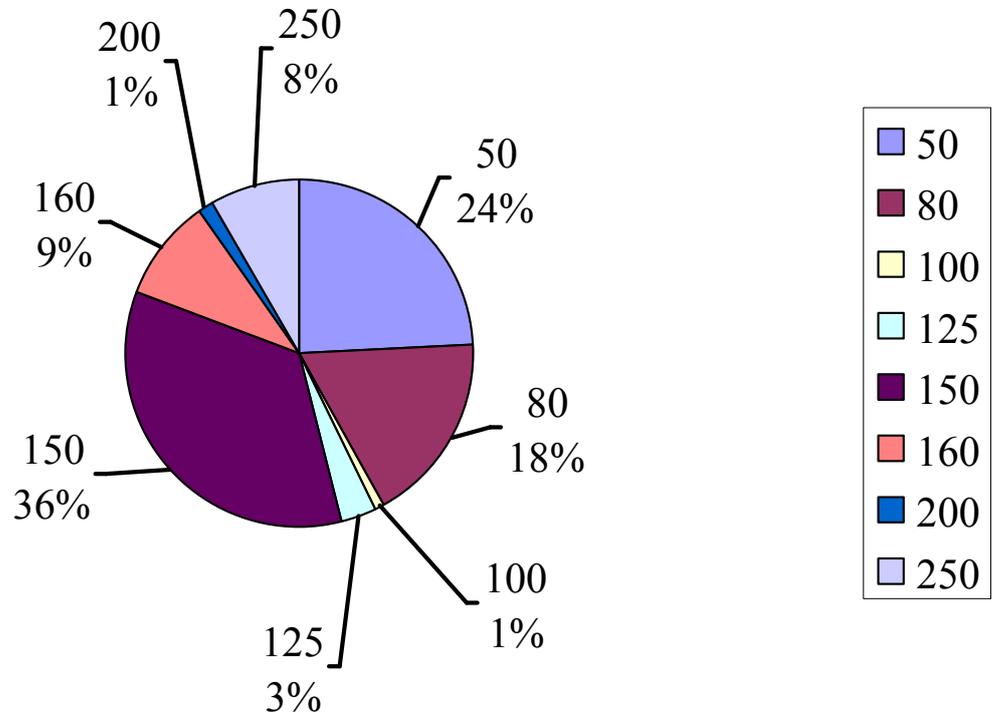
Les conduites de distribution sont représentées dans le tableau I.5

Tableau I.5 : conduites de distribution de Hassainia

Nombre de tronçon = 52					
longueur totale de réseau=9326					
D mm	matériaux	colebrook	longueur	%	Nombre
50	AC	2	2253,2	24,16	9
80	AC	2	1660	17,80	9
100	AC	2	74,1	0,79	1
125	AC	2	308,4	3,31	2
150	AC	2	3245,2	34,80	20
160	AC	2	875,6	9,39	6
200	AC	2	123,2	1,32	2
250	AC	2	785,8	8,43	3

Les matériaux utilisés dans le réseau sont représentés dans la figure I.4

les diamètres des matériaux utilisés dans le réseau de Hassainia

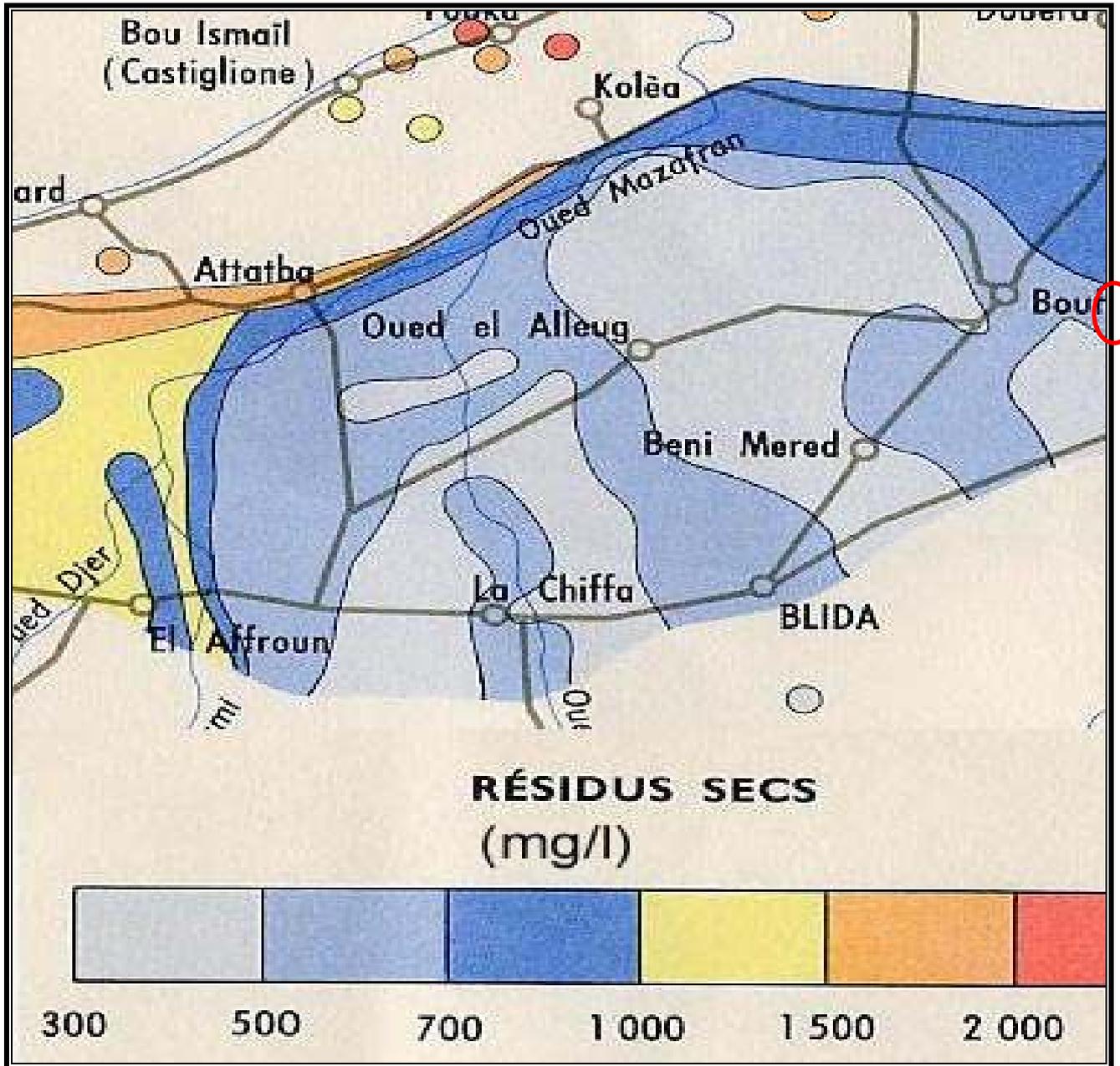


figureI.4

I.12 Qualité chimique

La qualité physico-chimique des eaux souterraines dans la région est comme le montre la carte du résidu sec est assez bonne. En effet, les eaux sont relativement douces et peu chargées en sels minéraux. Le résidu sec varie de 500 à 700 mg/l.

Comme le montre la figureI.5



Source ANRH

Figure I.5 : Extrait de la carte hydrogéologique d'Alger

Introduction :

Les réseaux publics de distribution doivent satisfaire les besoins en eau domestique, ceux des services publics, et une partie des besoins d'arrosages et industriels. L'évaluation des quantités d'eau nécessaire ne peut se faire en toute certitude, car chaque catégorie des besoins en eau dépend de nombreux paramètres dont l'évolution dans le temps est difficile à préciser.

Pour un avant projet, il est très important de déterminer la quantité nécessaire qui se fait non dans l'absolue, mais en relation avec le climat, les habitudes de propreté, les circonstances locale, les usagers divers que l'on fait de l'eau.

II.1 Evolution de la population entre 1998 et 2035

La population de la commune de Bouinan, (RGPH 1998) était de 24874 habitants, les statistiques de la commune de Bouinan donne une population de 29017 habitants en 2006 soit un taux d'accroissement moyen annuel de 2,1%.

Pour l'estimation de la population future, nous adopterons un, taux d'accroissement de 2,7% ce taux représente la moyenne nationale en zone semi urbaine.

L'évolution de la population en Algérie est déterminée par la relation suivante :

$$P_u = P_0 (1+X)^a$$

Avec :

P_u : population à l'horizon donnée

P_0 : population de l'année de référence

X : taux d'accroissement.

A : nombre d'année séparant l'année de référence et l'année de l'horizon.

Le nombre d'habitant de centre ville de Hassainia est représenté dans le tableau N°II.1

Tableau II.1 : Population de Hassainia pour différents horizons

Désignation	population					
	2006	2010	2020	2025	2030	2035
HASSAINIA	4060	4517	5895	6735	7695	8792

L'accroissement de la population de Hassainia peut être représentée dans la figure II.1

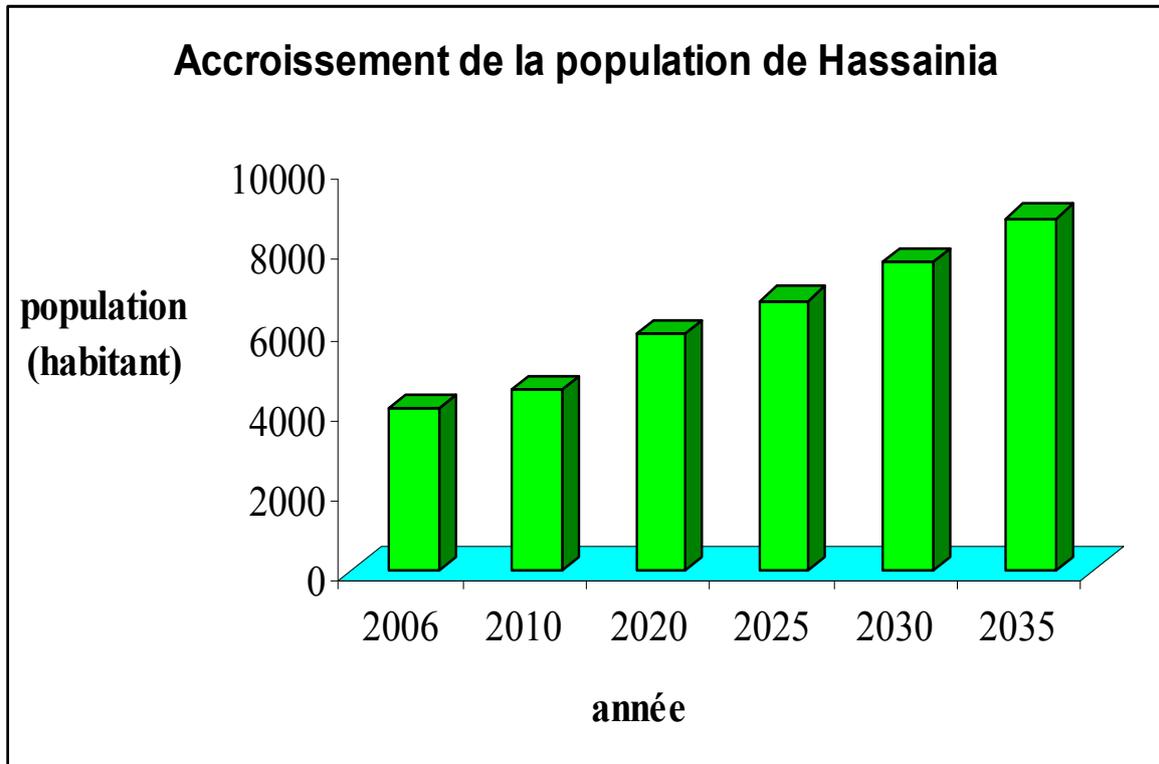


Figure II.1

II.2 Evolution des besoins en eau :

II.2.1 Consommation unitaire :

La quantité d'eau nécessaire à l'alimentation en eau potable est généralement estimée en litre par habitant et par jour, par carré de surface de végétaux, par mètre cube, par tonne de productivité, par tête d'animal, par véhicule, etc..

Cette quantité d'eau s'appelle la norme de consommation; c'est-à-dire la norme moyenne journalière de la consommation en litre par jour et par usager qui, dépend de certains critères dont les principaux sont :

- le niveau de vie de la population
- le nombre d'habitants
- le développement urbain
- les ressources existantes.

La consommation unitaire, a été obtenue du document aménagement hydraulique, établis par la direction de la mobilisation des eaux de surface et de transport du ministère de l'équipement de l'aménagement du territoire en juin 1989.

Ce document présente les objectifs à atteindre pour la distribution en eau potable en fonction du nombre d’habitants des l’agglomérations considérées.

Taille de l’agglomération en 1987 (habitants) ≤ 50000	Dotation sans pertes (L/hab/j) 120
---	--

La ventilation de consommation journalière serait :

Domestique	69%
Commerce et publique	19%
Industries	12%
Totale	100%

Le calcul sera fait en appliquant aux dotations de 1987 un taux de croissance annuel égale à 1%

Les besoins unitaires estimés sont représentés dans le tableauII.2

TableauII.2 : Les besoins unitaires

Type d’usagers	1987 (l/hab/j)	Taux de croissance annuel (%)	2035 (l/hab/j)
Domestique	83	1%	134
Commerce et publique	23	1%	36
Industrie	14	1%	24
Dotation globale	120	1%	194

On peut donc estimé la dotation globale pour chaque année.

La dotation globale de chaque année est représentée dans le tableauII.3

TableauII.3 : Estimation la dotation globale

Année	2006	2010	2020	2025	2030	2035
Dotation globale (l/hab/j)	145	151	167	176	185	194

II.2.2 Evolution de la demande en eau :

La demande en eau est la quantité d'eau à prélever dans le milieu naturel à chaque instant pour faire face à la couverture des différents besoins, compte tenu des pertes du prélèvement à l'utilisation.

Les dotations recommandées ci-dessus ont été adoptées pour calculer la demande en eau future, ces résultats tiennent compte des taux de pertes d'eau dans le réseau et des taux de raccordement.

Les pertes dans le réseau : [2]

Elles sont constituées par des fuites déversent (joints de conduites, étanchéité d'appareillage), sont parfois importantes. Elles se produisent en grande partie sur les branchements particuliers. La recherche des fuites est une opération délicate. Elle permet de les ramener, pour un réseau ancien à 30% environ du débit total. Les fuites dépendent de l'état du réseau et peuvent atteindre jusqu'à 45% de la consommation dans un réseau en mauvais état.

Le gaspillage dépend en grande partie du mode de tarification de l'eau. Il est considérable pour les distributions sans compteurs. Il peut être également important pour les services publics : chasse d'égout mal réglées, bouche de lavage restant ouverte au-delà du temps nécessaire.

On peut donc cités quelques causes de fuite, et qui doivent être évitées lors de la mise en place du réseau :

- conduites placées où il y a risque de gel.
- Terrain agressif ou instable
- Caractéristique de la conduite non adaptées à la pression de distribution.
- Mauvaise qualité du matériau.
- Appui de la conduite sur un point dur.
- Non mise en place d'un lit de sable en fond de fouille.
- Protection insuffisante par rapport au trafic des poids roulants.
- Baisse de pression sur le réseau
- Augmentation des heures de fonctionnement de la station de pompage
- Débit anormal relevé à l'égout
- Affaissement de terrain
- Terrain humide par temps sec
- Consommations anormales relevées aux compteurs généraux.
- Sur demande de l'APC de Hassainia, le taux de fuite dans le réseau soit ramené à 20% en 2035.

Les taux de pertes dans le réseau sont donnés dans le tableau II.4 (réduction des pertes de 2% tout les cinq ans) :

Tableau II.4 : les taux de pertes dans le réseau

Année	2006	2010	2020	2025	2030	2035
Taux de pertes	0,3	0,3	0,28	0,26	0,24	0,20

Source APC

Le taux de raccordement représente le nombre d’habitant qui sont branchés dans le réseau d’alimentation en eau potable.

Les taux de raccordement pris en considération sont donnés dans le tableauII.5

TableauII.5 : Les taux de raccordement

Année	2006	2010	2020	2025	2030	2035
Taux de raccordement	0,85	0,90	0,95	0,95	0,95	0,95

Source APC

Le taux de raccordement passe de 85% en 2006 à 90% en 2010 pour atteindre 95% en 2020, après cela le taux de raccordement reste constant 95% jusqu’a 2035.

Les résultats de calculs concernant, l’évolution des besoins en eau potable ainsi que la production en eau nécessaire, sont présentés dans le tableauII.6

TableauII.6 : Les besoins en eau pour différents horizons

Désignation	Besoins en eaux (m3/j)					
	2006	2010	2020	2025	2030	2035
Hassainia	589	682	984	1185	1424	1706

II.2.3 : Variation des débits horaire de la ville de Hassainia

Le débit horaire demandé pour chaque groupe de consommation est :

$$Q_h = \frac{P\%Q_{maxj}}{100}$$

Q_h : débit horaire nécessaire

$P\%$: pourcentage horaire.

Q_{moyj} = le nombre d’habitants* la dotation

$$Q_{moyj} = 4060 \times 145 = 589m^3/j$$

$$Q_{maxj} = Q_{moyj} \times K_{maxj}$$

Représente le débit moyen journalier déterminé pour la saison la plus chargée de l’année d’après les moyennes journalières de la consommation. Le coefficient d’irrégularité journalière maximum varie entre 1,1 et 1,3

$$Q_{\text{Pointe}} = Q_{\text{moyen}} \times K$$

Q_{Pointe} : débit de pointe ; Q_{moyen} : débit moyen ; K : coefficient de pointe égal à 1,8

Les variations horaires de la consommation totale dans divers centres d'agglomérations sont représentées dans le tableauII.7

TableauII.7 : Variation horaire de la consommation totale dans divers centres d'agglomérations [1]

Heures	Moins de 10000	10001 a 50000	50001 a 100000	Plus de 100000	Agglomération type rural
0-1	1	1.5	3	3.35	0.75
1-2	1	1.5	3.2	3.25	0.75
2-3	1	1.5	2.5	3.3	1
3-4	1	1.5	2.6	3.2	1
4-5	2	2.5	3.5	3.25	3
5-6	3	3.5	4.1	3.4	5.5
6-7	5	4.5	4.5	3.85	5.5
7-8	6	5.5	4.9	4.45	5.5
8-9	6	6.25	4.9	5.2	3.5
9-10	5	6.25	5.6	5.05	3.5
10-11	4	6.25	4.8	4.85	6
11-12	5	6.25	4.7	4.6	8.5
12-13	7	5	4.4	4.6	8.5
13-14	7	5	4.1	4.55	6
14-15	5	5	4.2	4.75	5
15-16	4	6	4.4	4.7	5
16-17	5	6	4.3	4.65	3.5
17-18	6	5.5	4.1	4.35	3.5
18-19	6	5	4.5	4.4	6
19-20	5	4.5	4.5	4.3	6
20-21	4.5	4	4.5	4.3	6
21-22	3	3	4.8	4.2	3
22-23	2	2	4.6	3.75	2
23-24	1	1.5	3.3	3.7	1
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Vu que notre répartition est inférieure à 10000 habitants (car le nombre d'habitants de l'année 2006 est de 4060hab)

La répartition est indiquée dans le tableauII.8

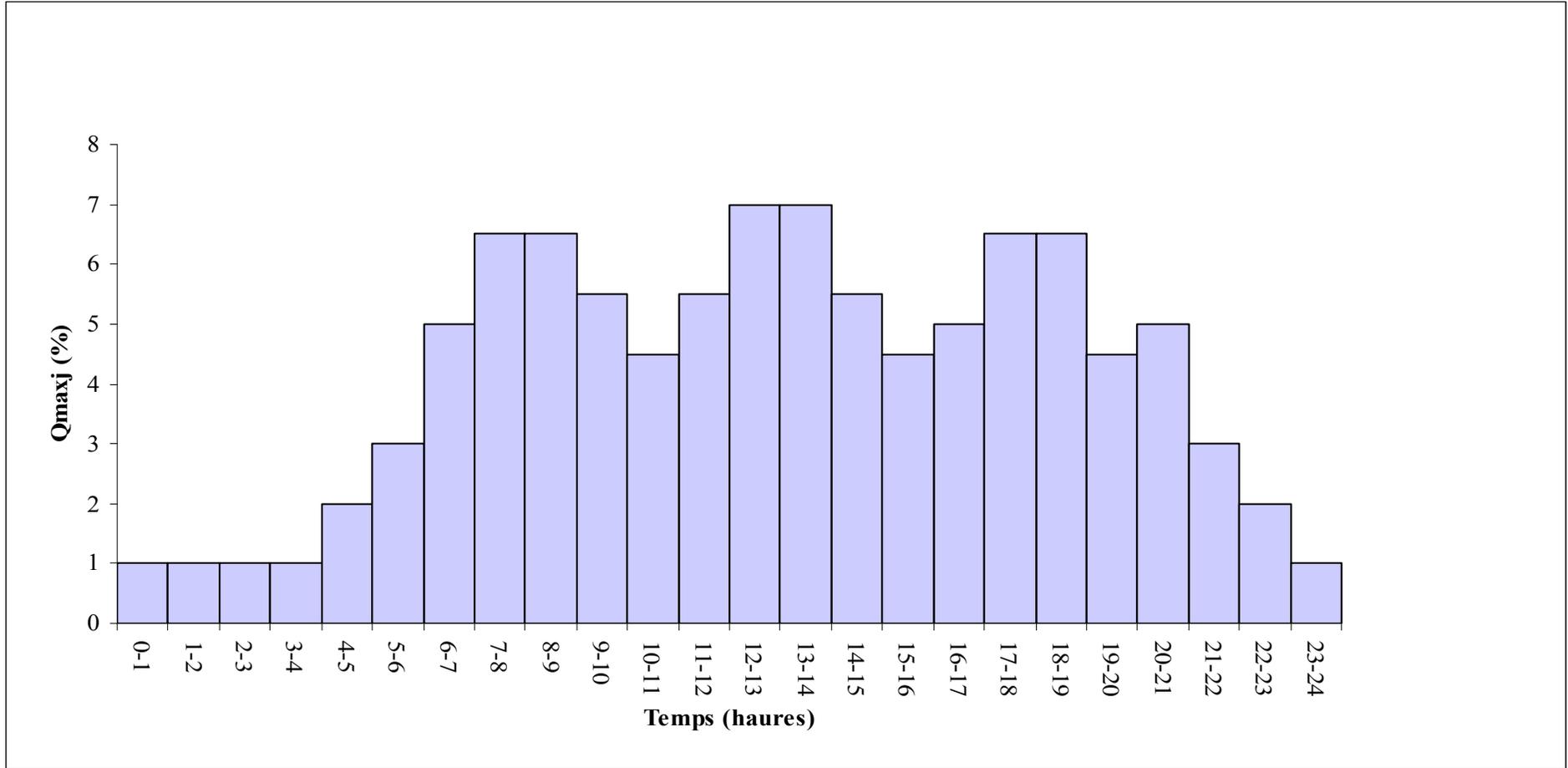
TableauII.8 : Variation des débits horaires de la ville de Hassainia

heures	consommation totale $Q_{maxj}=589m^3/j$		courbe de la consommation cumulée	
	%	m ³ /h	%	m ³ /h
0-1	1	5,89	1	5,89
1-2	1	5,89	2	11,78
2-3	1	5,89	3	17,67
3-4	1	5,89	4	23,56
4-5	2	11,78	6	35,34
5-6	3	17,67	9	53,01
6-7	5	29,45	14	82,46
7-8	6,5	38,285	20,5	120,745
8-9	6,5	38,285	27	159,03
9-10	5,5	32,395	32,5	191,425
10-11	4,5	26,505	37	217,93
11-12	5,5	32,395	42,5	250,325
12-13	7	41,23	49,5	291,555
13-14	7	41,23	56,5	332,785
14-15	5,5	32,395	62	365,18
15-16	4,5	26,505	66,5	391,685
16-17	5	29,45	71,5	421,135
17-18	6,5	38,285	78	459,42
18-19	6,5	38,285	84,5	497,705
19-20	4,5	26,505	89	524,21
20-21	5	29,45	94	553,66
21-22	3	17,67	97	571,33
22-23	2	11,78	99	583,11
23-24	1	5,89	100	589

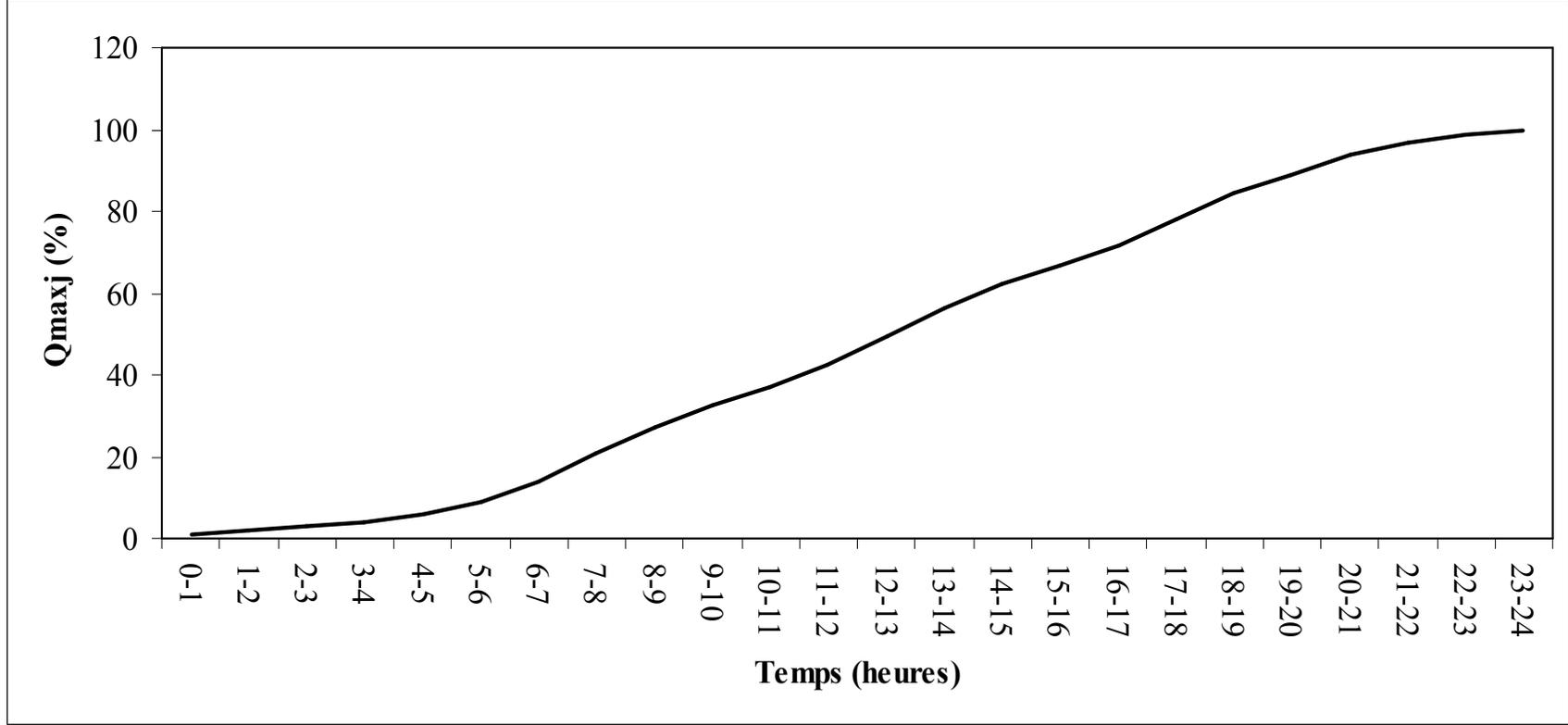
Les résultats trouvés nous permettent de tracer le graphique de consommation de l'agglomération.

Le graphique de consommation est représenté dans la figure II.2
La courbe intégrale de la consommation est représentée dans la figureII.3

FigureII.2 : Diagramme de la consommation totale



FigureII.3 : courbe intégrale de la consommation



II.2.4 Bilans :

II.2.4.1 Bilans de stockage :

La capacité de stockage disponible est de 1500m³, dans le tableau II.9 nous estimerons le déficit de stockage

Tableau II.9 : déficit de stockage

Désignation	2006	2010	2020	2025	2030	2035
Demande moyenne (m ³ /j)	589	682	984	1185	1424	1706
Stockage nécessaire (m ³)	177	202	292	351	422	505
Stockage disponible (m ³)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Déficit (m ³)	-	-	-	-	-	-

D'après le tableau, Le stockage disponible est donc suffisant au delà de 2035.

Le bilan de stockage est représenté dans la figure II.4

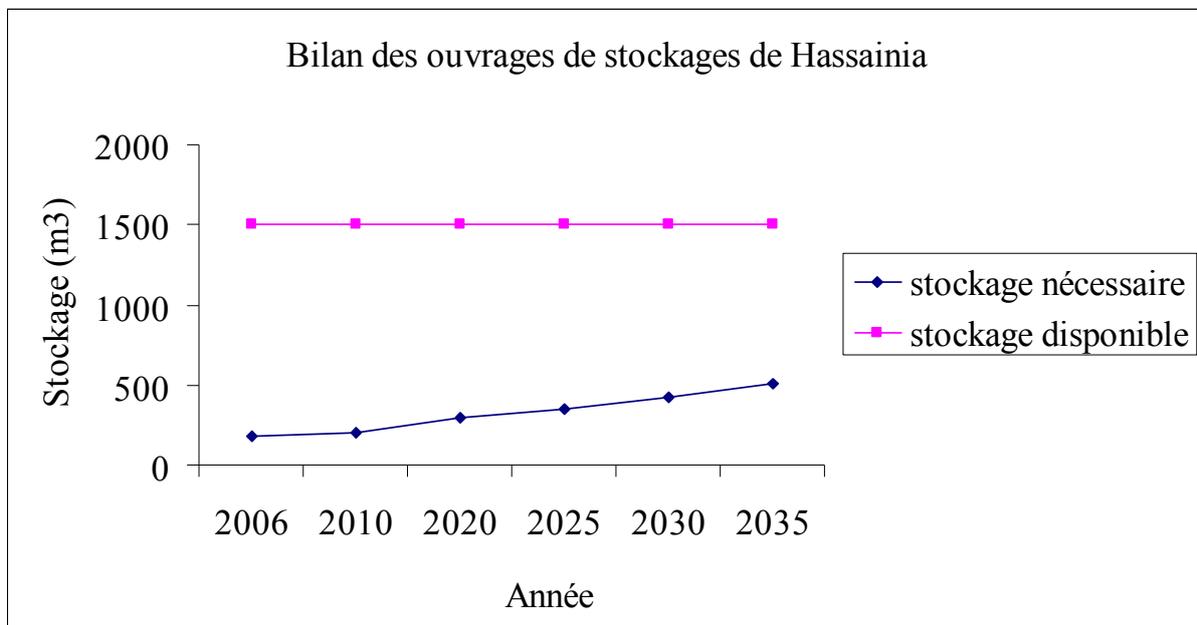


Figure II.4

II.2.4.2 Bilans ressources - besoins :

Pour connaître si notre débit fourni par le forage existant satisfait les besoins calculés, ou non, il faut comparer entre les besoins et ce débit disponible, et voir est ce qu'il y a un excès ou un déficit de débit.

Nous avons déjà précisé dans le premier chapitre que la ville dispose d'un forage donnant un débit de $1123\text{m}^3/\text{j}$.

Le bilan ressources besoins est représenté dans le tableau II.10

Tableau II.10 : Bilan ressources – besoins

Désignation	2006	2010	2020	2025	2030	2035
Production nécessaire (m^3/j)	589	682	984	1185	1424	1706
Production théorique (m^3)	1123	1123	1123	1123	1123	1123
Déficit (m^3/j)	-	-	-139	-62	-301	-583

D'après ce tableau La production actuelle peut s'avérer suffisante pour satisfaire les besoins en eau de cette localité jusqu'en 2015, à partir de 2015 il sera nécessaire de mobiliser de nouvelles ressources pour satisfaire la demande.

Le bilan ressources besoins est représenté dans la figure II.5

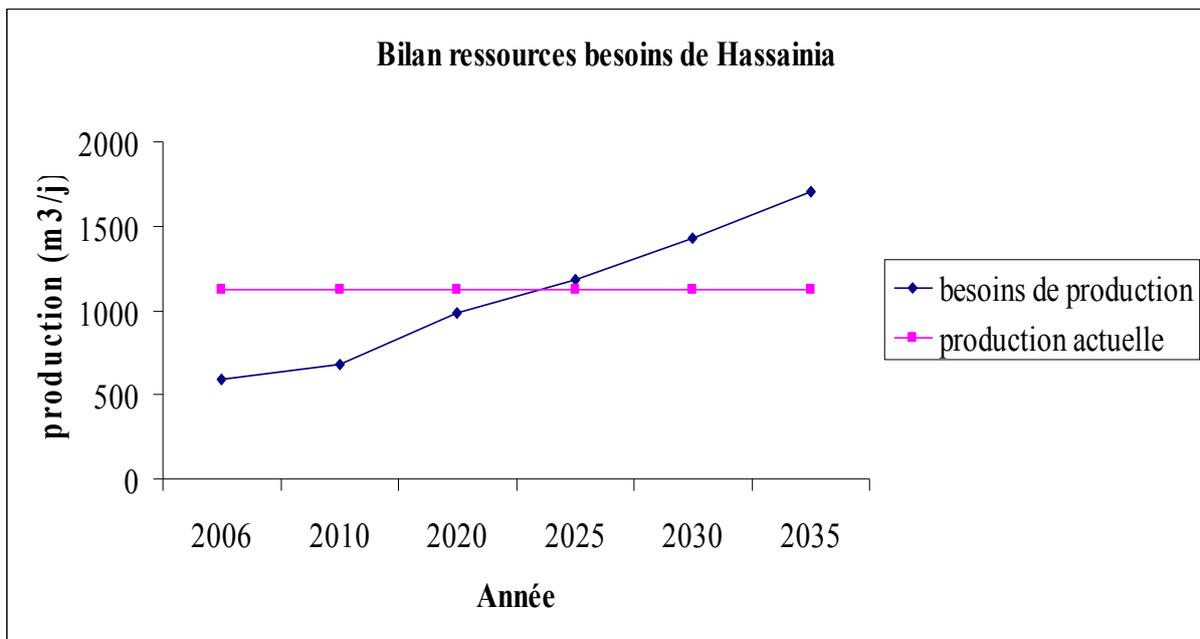


Figure II.5

Conclusion :

L'étude des besoins en eau de l'agglomération de Hassainia, n'a pu être faite, qu'après un diagnostic détaillé de l'état des lieux, regroupant tout équipement, habitat et toute aire de consommation d'eau potable existant sur les lieux afin d'arriver à l'estimation des besoins en eau.

On constate que le stockage d'eau dans les réservoirs pour cette ville est suffisant au-delà de 2035. La ressource en eau disponible est insuffisante pour satisfaire les besoins en eau de ces localités. D'après le bilan ressource besoin, on aura un déficit à partir de l'année 2015. À partir de cette année, il sera nécessaire de mobiliser de nouvelles ressources.

Introduction :

Dans ce chapitre, on va faire une simulation du réseau de distribution à l'aide de logiciel PICCOLO, on essaiera d'étudier les débits, les vitesses, les pressions ainsi que la concentration du chlore en chaque tronçon et de détecter ceux qui ne répondent pas aux normes ainsi que les causes qui influent sur ces paramètres et de donner des solutions visant à améliorer le fonctionnement de ce réseau.

Les simulations ont été élaborées à l'aide du logiciel « PICCOLO », ce logiciel nous permet de déterminer :

- Les débits de chaque tronçon avec leurs vitesses
- La rugosité et perte de charge linéaire de chaque tronçon
- Les pressions de chaque nœud
- Les Cotes piézométrique de chaque noeud

III.1 Présentation de PICCOLO : [3] [4]

III.1.1 LES DIFFÉRENTES FONCTIONS DE BASE DE PICCOLO :

PICCOLO est un logiciel particulièrement performant, permettant de simuler le comportement stationnaire d'un fluide sous pression dans un réseau maillé.

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

Le domaine d'application privilégié du PICCOLO est celui de la modélisation des réseaux de distribution d'eau potable, industrielle ou d'irrigation, mais il peut également être employé pour le calcul de conduites de ventilation en basse pression. Les cas particuliers de l'eau surchauffée et des réseaux urbains de climatisation sont traités comme des déclinaisons du logiciel prenant en considération les aspects thermiques (bilan d'enthalpie) et appelées respectivement PICALOR en eau surchauffée, et FRIGOLO en climatisation.

Le logiciel PICCOLO dans sa version pour Windows est le dernier né d'une série de programmes de simulation des réseaux de fluides. Le logiciel PICCOLO qui est entièrement

développé par SAFEGE, est dédié à la modélisation des réseaux de fluides en charge : Eau Potable et autres Fluides Newtoniens, Gaz à basse pression.

III.1.2 MODULE DE BASE :

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

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

Ses principales caractéristiques fonctionnelles sont les suivantes :

- ❖ Modélisation de tous les appareils hydrauliques couramment rencontrés sur les réseaux : pompe à vitesse fixe ou variable, vanne régulatrice de débit ou de pression, vanne tout ou rien, robinet-vanne, clapet, diaphragme, forage, fonction de perte de charge définie par l'utilisateur, etc.
- ❖ Jusqu'à 65 000 arcs et nœuds, 9 000 vannes, 500 pompes et réservoirs, etc.
- ❖ Modélisation complète des réservoirs : nœud de remplissage, cote de surverse, clapet anti-retour, section quelconque, débordement ou surpression.
- ❖ De 50 à 200 types de consommateurs différents peuvent être définis sur un même nœud : usages domestiques, industriels, hôteliers, périurbains, fuites.
- ❖ Ajustement automatique des consommations pour les nœuds à faible pression (défense incendie, simulation de casses, études de sécurité).
- ❖ Simulation de modèles comportant des portions de réseaux isolés
- ❖ Identifiants par 12 caractères alphanumériques les nœuds, les conduites, les appareils, les types de consommateurs, etc.

- ❖ Données dynamiques pouvant être définies par pas de temps (p. ex. horaire) ou de manière asynchrone sous forme de courbe date/valeur. Le nombre maximum de pas de temps est de 500 à 750 suivant les versions.
- ❖ Asservissement des pompes et vannes à un niveau de réservoir ou à la pression en un nœud, amont ou aval, avec une consigne variable dans le temps.

III.1.3 L'ENVIRONNEMENT D'UTILISATION :

L'utilisation se fait inter activement au moyen de la souris, de menus et de fenêtres graphiques. Le langage de commande reste cependant disponible.

- ❖ Editeur présenté sous forme de tableur, pour les différents types de données : structure du réseau, consommations, données opérationnelles, etc ;
- ❖ Opérateurs pour sélectionner/interroger/modifier/créer/insérer un nouvel élément directement sur la fenêtre graphique ;
- ❖ Courbes de pompes de consommations, des résultats dynamiques et des campagnes de mesures ;
- ❖ Représentation 3D ou en iso valeurs des altitudes, pressions, concentrations, temps de séjours ;
- ❖ Import/Export de données sous forme de tables en mode texte ;
- ❖ Gestionnaire de projets permettant une sauvegarde incrémentale des modifications apportées à un projet.

III.1.4 LANGUES DISPONIBLES :

PICCOLO est disponible en Français, en Anglais, en Espagnol, en Allemand, en Italien, en Portugais et en Polonais.

III.1.5 LANGAGE DE COMMANDE :

Le langage de commande du PICCOLO, unique en son genre, permet à l'utilisateur d'étendre à l'infini les possibilités du logiciel :

- ❖ Procédures de commande paramétrables pour la manipulation des données ;
- ❖ Individualisation du contexte de travail ;
- ❖ Importation de données dans un format tabulaire quelconque ;
- ❖ Développements avancés tels que des études de vulnérabilité ; etc.

Le langage de commande fait partie du module de base ;

III.1.6 APPLICATIFS PRÉDÉFINIS :

Plusieurs applicatifs prédéfinis sont fournis avec la version de base du PICCOLO :

- ❖ Opérateurs d'import et d'allocation automatique de consommation, permettant d'exploiter les fichiers de relevé de consommation, agrégés par rues ;
- ❖ Calcul de la zone d'influence d'un noeud ;
- ❖ Procédure d'analyse systématique de la défense incendie, permettant de connaître la pression résiduelle ou le débit disponible en tout noeud du réseau, dans des conditions de fonctionnement variées.
- ❖ Procédure de simplification automatique du modèle, pour le passage d'un modèle très détaillé construit avec toutes les conduites, à un modèle structuré pour les études de transport ou de régime transitoire.

III.1.7 Les modules optionnels :

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

Piccolo Windows est constitué d'une application de base permettant d'effectuer des calculs hydrauliques, à laquelle viennent s'ajouter les modules optionnels suivants :

III.1.7.1 Module Dépôt- érosion

Le module optionnel dépôt -érosion permet à l'utilisateur d'évaluer, pour des conditions de fonctionnement statiques ou dynamiques, pour un sédiment de caractéristiques données, pour chaque conduite, la capacité du fluide à arracher ce sédiment (érosion), à le transporter, ou à le laisser sédimenter (dépôt).

Cela permet donc d'optimiser les campagnes de rinçage du réseau.

III.1.7.2 Module Qualité

Piccolo Windows permet à l'utilisateur d'évaluer la diffusion d'un corps dans des installations au travers du module Qualité, extension du logiciel au titre des modules optionnels. Pour cela l'utilisateur dispose d'une interface lui permettant d'éditer les données relatives à l'injection d'un corps dans son installation, d'effectuer un calcul de diffusion puis de visualiser les résultats du calcul soit sous forme de courbes de résultats soit graphiquement à l'aide de la palette de couleurs.

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

III.1.7.3 MODULE DE CALCUL DES COÛTS D'EXPLOITATION :

Piccolo Windows permet à l'utilisateur d'évaluer les coûts de fonctionnement des installations au travers du module Coûts de fonctionnement, extension du logiciel au titre des modules optionnels.

Pour cela l'utilisateur dispose d'un interface lui permettant d'éditer les données relatives aux coûts de fonctionnement, d'effectuer un calcul de coûts de fonctionnement puis de consulter les résultats du calcul des coûts.

III.1.7.4 MODULE DE DIMENSIONNEMENT :

Le module optionnel de dimensionnement permet à l'utilisateur de faire automatiquement calculer par Piccolo Windows, les diamètres des conduites d'un secteur à construire ou à renforcer. Les données sont la nature (matériau) et le tracé (topologie, longueur) des conduites et les conditions de fonctionnement (consommations, données opérationnelles), ainsi que les bordereaux de diamètre pour chaque matériau. Le paramètre principal est la pression minimum à respecter.

III.1.7.5 Module Ganessa

Piccolo Windows permet à l'utilisateur de rechercher la commande optimale des pompes pour utiliser le minimum d'énergie lors du pompage (adaptation des commandes aux tranches tarifaires) et diminuer ainsi les coûts de fonctionnement de l'installation.

III.1.8 CALCUL DES COUPS DE BÉLIERS :

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

III.1.9 ACCROÎTRE LA PRODUCTIVITÉ AVEC (RESOCAD) POUR (PICCOLO) :

RESOCAD pour PICCOLO est un applicatif AutoCAD qui permet la digitalisation intelligente des composants du réseau : noeuds, canalisations, vannes, etc., l'exploitation thématique de ces informations sous forme graphique, et la création entièrement automatique des fichiers PICCOLO correspondants. Sa richesse fonctionnelle et sa simplicité d'utilisation le destinent aussi bien à se substituer aux logiciels DAO des bureaux de dessin, qu'à accroître l'efficacité des bureaux d'études Eau Potable. Il évite une double saisie des réseaux, permet de produire des plans d'excellente qualité, ainsi que de gérer efficacement les phases de planification de travaux sur le réseau.

RESOCAD pour PICCOLO est un produit dérivé de RESOCAD (cf. 2.3) et peut évoluer vers un système d'information géographique « généraliste ».

III.1.10 LES POINTS FORTS DE PICCOLO :

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

III.1.11 INTERFACE UTILISATEUR :

- ❖ Elle s'appuie sur les standards Microsoft Windows, ce qui assure une prise en main rapide, et propose des bulles d'aide, boutons, barres d'icônes ; etc.
- ❖ Les *unités* peuvent être *redéfinies à volonté* : PICCOLO propose à l'utilisateur un grand nombre d'unités prédéfinies, qui peut être élargi ;
- ❖ Les formats d'affichage sont entièrement paramétrables ;
- ❖ Des tris et des sélections peuvent être utilisés pour l'édition, la présentation graphique et l'affichage des informations ;
- ❖ Des fonctions statistiques permettent de récapituler la longueur et le nombre de conduites par diamètre et par matériau, la consommation par zone ;

III.1.12 MODÉLISATION :

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

III.1.12.1 FONCTIONS AVANCÉES :

- ❖ Des opérateurs *d'affectation des consommations* permettent d'allouer automatiquement les consommations aux nœuds sur la base de relevés de consommation par rues ou par secteurs ;
- ❖ *Simplification* du modèle : un opérateur de fusion permet de supprimer des nœuds intermédiaires ou en antenne, soit par pointé avec la souris, soit globalement avec le langage de commande. Les consommations des nœuds éliminés sont reportées sur les nœuds adjacents. Un opérateur d'insertion permet à l'inverse de créer un nœud ou un appareil intermédiaire ;
- ❖ *Langage de commande* : entièrement documenté, il permet un paramétrage complet de l'environnement de travail, et l'écriture de procédures (macros).
Ce langage sous-jacent au mode menu, y compris dans la version Windows, permet d'accéder à toutes les fonctions du logiciel ;
- ❖ Les deux fonctions précédentes permettent par exemple de construire un modèle cohérent de 500 nœuds, à partir d'un modèle détaillé de 5 000 nœuds ;

III.1.13 SAISIE DES DONNÉES :

III.1.13.1 SAISIE DIRECTE SOUS PICCOLO :

PICCOLO pour Windows propose plusieurs modes de saisie : depuis son éditeur intégré, avec des fonctions graphiques, ou par import de données.

III.1.13.2 LES FONCTIONS D'ÉDITION INTÉGRÉES :

Chaque type d'élément (tuyau, vanne, régulateur de débit, réservoir, nœud ...) possède une grille d'édition qui se présente sous la forme d'un tableur, avec les opérations de couper, copier, coller, insérer, supprimer.

A chaque ligne de la grille correspond un objet, et une fiche de saisie détaillée apparaît lorsque l'on double -pointe sur celle-ci.

III.1.13.3 LES FONCTIONS DE DIGITALISATION INTÉGRÉES :

Cette méthode de saisie peut être configurée suivant deux modes :

- ❖ En mode assisté, la fiche de saisie détaillée apparaît après chaque action de pointer, et des valeurs par défaut sont présentées lorsque c'est possible ;

- ❖ En mode rapide, la saisie graphique enchaînée crée des objets avec des caractéristiques par défaut, qui pourront être modifiées ultérieurement.

III.1.13.5 PRÉSENTATION DES DONNÉES :

PICCOLO pour Windows présente les données sous forme de regroupements fonctionnels : les données structurelles, la topographie, la consommation, les données opérationnelles (niveaux de réservoirs, états des pompes et vannes, etc.), les données dynamiques, les asservissements, les données qualité.

III.1.13.6 MODIFICATIONS :

L'utilisateur peut corriger le modèle de plusieurs façons : soit par pointé sur le graphique, soit au moyen des grilles d'édition, soit enfin en utilisant les opérateurs du module de modification qui permettent de traiter un ensemble d'éléments en une seule opération.

III.1.14 LE GESTIONNAIRE DE PROJETS :

Le principe fondateur du gestionnaire de projet est la création d'un projet qui englobe le ou les fichiers de données de référence du réseau, tout en préservant leur contenu.

Bien souvent, un même réseau sert de base pour des études ou des scénarios différents de dimensionnement, d'extensions, de données opérationnelles... , avec leur contexte d'utilisation spécifique (les sélections, les formats, les styles de traits et de symboles ...) : toutes les modifications structurelles, opérationnelles et du contexte sont associées au projet, "au dessus" du modèle de référence, mais sans altérer le contenu de celui-ci qui peut être partagé par plusieurs projets.

III.1.15 Liaison avec les Systèmes d'Information Géographiques :

SAFEGE a développé plusieurs passerelles entre SIG et PICCOLO, dotées de fonctions plus ou moins avancées telles que la gestion des rendements et l'allocation des fuites, le traitement des relevés de consommations par branchements, la simplification, etc.

Ces applications indépendantes exploitent l'architecture ouverte de PICCOLO.

Editeur du SIG RESOCAD, qui fonctionne sur PC et exploite le moteur graphique Auto CAD et la plupart des bases de données du commerce, SAFEGE a bâti RESOCAD pour PICCOLO à partir de sa double compétence Hydraulique Urbaine et Infographie. Il s'agit d'une solution intégrée et modulaire qui permet une optimisation du cycle de réalisation des projets de modélisation en Eau Potable et Irrigation

III.1.16 EXPLOITATION DES RÉSULTATS :

Elle peut se faire en mode texte, en mode graphique, ou sous forme de courbes.

A chaque type d'objet (tronçon, nœud, réservoir, vanne, ...) est associé un ensemble d'attributs qui lui sont spécifiques (diamètre, débit, pression, noeud de consigne, ...) et qui peuvent apparaître à l'affichage, être utilisés dans la représentation graphique en couleur, sous forme d'étiquette textuelle sur le graphique, ou sous forme de courbe.

III.1.16.1 Tables de résultats :

Une table de résultats peut être obtenue de deux manières :

- ❖ En appelant la grille d'affichage des résultats pour un ensemble d'objets ;
- ❖ En pointant un ou plusieurs objets à l'écran.

Dans les deux cas une fenêtre contenant les objets sélectionnés est créée et peut être conservée pour une comparaison ultérieure avec d'autres résultats.

Le contenu et la présentation de ces tables de résultats peuvent être contrôlés :

- ❖ Tri suivant l'un des attributs des objets, qu'il soit affiché ou non ;
- ❖ Filtre sur les objets affichés (par exemple : arcs de perte de charge supérieure à un seuil donné, ou ensemble des pompes) ;
- ❖ Modification des unités ;
- ❖ Choix et ordre des attributs affichés.

Un rapport (fichier de résultats) peut être créé avec les mêmes caractéristiques. Plusieurs options de présentation sont disponibles, suivant que le fichier est destiné à l'impression ou à l'échange avec d'autres logiciels (tableurs, bases de données).

III.1.16.2 Equation de perte de charge

Cette boîte permet de déterminer le type d'équation de perte de charge qui sera utilisé pour la saisie des arcs.

Accès

Commande Equation de perte de charge (Menu Données)

Description

Les équations implantées sont : Colebrook en version simplifiée ou exacte, Colebrook-White et Hazen-Williams.

Les équations de la famille Colebrook provoquent la saisie de la rugosité ou d'un matériau dans les tuyaux, l'équation de Hazen-Williams provoque la saisie d'un facteur C ou d'un matériau pour les tuyaux.

Par défaut, c'est l'équation Colebrook exacte qui est utilisée.

- PERTE DE CHARGE LINEAIRE :

On la note J tel que $J = \frac{\Delta H}{L}$

L : longueur de la conduite (m)

Plusieurs formules de calcul des pertes de charge linéaires sont programmées par le piccolo, parmi ces formules on a :

La formule de perte de charge de DARCY WIESBACH :

$$\Delta H = \frac{\lambda \times L \times V^2}{2 \times g \times D} \quad \text{ou sous la forme : } J = \frac{\Delta H}{L} = \frac{\lambda \times L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Cette formule est dite universelle est applicable à tout les fluide, à tous les régimes d'écoulement, à tout les types d'écoulement (en charge ou a surface libre)

λ : Coefficient amant appelé coefficient universel de perte de charge dans la famille des formule de COLEBROOK, le coefficient λ dépend de deux facteurs :

Le nombre de REYNOLDS (Re) $Re = \frac{v \times D}{\xi}$

Qui caractérise le rapport des forces d'inertie de l'écoulement aux forces de viscosité

ξ : Viscosité cinématique du liquide ou $\xi = \frac{\mu}{\rho}$

μ : Viscosité dynamique

ρ : masse volumique

La rugosité relative $\frac{\varepsilon}{D}$ ou $\frac{\varepsilon}{4 \times R}$

Où :

ε : appelé rugosité, représente la hauteur moyenne des aspérités des incrustations des dépôts, et autres irrégularités présentent sur la surface interne des conduites

Le calcul de λ dépend de type d'écoulement dans la conduite considérée, on distingue quatre (04) types différents :

Régime d'écoulement laminaire $Re < 2400$

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Régime d'écoulement turbulent lisse $2400 < Re < \frac{23}{\varepsilon/D}$

$$\lambda = \frac{1}{(100 \times Re)^{0.25}} \quad (\text{Formule de BLASIUS})$$

Régime d'écoulement turbulent rugueux $\frac{560}{\varepsilon/D} < Re$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} \right)$$

Régime transitoire $\frac{23}{\varepsilon/D} < Re < \frac{560}{\varepsilon/D}$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{2.51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) \quad (\text{Formule de COLEBROOK implicite } \lambda)$$

Où :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \times D} + \frac{2 \times 1286}{Re^{0.89}} \right) \quad (\text{COLEBROOK WHITE explicite } \lambda)$$

La formule de COLEBROOK recouvre les valeurs d'écoulements lisses à turbulents rugueux

PICCOLO permet de choisir parmi différentes formulations :

COLEBROOK : calcul λ pour des écoulements turbulents lisses à turbulents rugueux (formule COLEBROOK implicite en λ)

COLEBROOK WHITE : formulation de COLEBROOK explicite en λ

X-COLEBROOK : calcul de λ pour des écoulements laminaires à transition (cas de vitesse faible)

- PERTE DE CHARGE SINGULIERE :

Ce sont les pertes de charge provoquées par les organes du réseau (coude, vannes, diaphragme), le calcul des pertes de charge singulières dans le PICCOLO, s'effectue de la manière suivante :

$$\Delta H = H1 - H2 = \frac{K \times v^2}{2 \times g} = \frac{K \times Q^2}{2 \times g \times S^2}$$

$$\Delta H = R \times H \times Q^2$$

S : section de la singularité

K : coefficient de friction

$$R \times H = \frac{K}{2 \times g \times S^2} : \text{la résistance hydraulique singulière}$$

III.1.17 Définition du modèle

Un modèle de réseau d'alimentation en eau potable est décrit sous Piccolo comme étant un ensemble d'éléments physiques (arcs reliés en eux par des nœuds auxquels sont également connectés des réservoirs)

- Les arcs sont les tuyaux de réseau, mais aussi les appareils hydrauliques (pompe, vanne, régulateurs, clapet, brise charge, forage...)
- Les nœuds constituent les extrémités des arcs

III.1.18 données physiques de réseau

Les arcs :

Les arcs sont délimités par les nœuds du réseau et se voient attribuer un identifiant alphanumérique de 12 caractères :

- on peut également associer un nom de famille appelé zone, sous la forme d'un autre identifiant alphanumérique de 12 caractères ainsi qu'un commentaire sous la forme d'une chaîne de plus de 24 caractères quelconques.
- chaque type d'arc (tuyau, vanne, pompe) est décrit par les caractéristiques qui lient les débits aux pertes de charges.

Par convention, le signe de débit traversant l'arc est :

- (+) si l'eau va du nœud initial au nœud final.
- (-) si l'eau va du nœud final au nœud initial.

Les pertes de charges singulières sont décrites par les données des diamètres et les coefficients de friction (k).

- Les arcs définis dans un modèle sont considérés comme disponibles par défaut, c'est-à-dire qu'ils sont pris en compte par le calcul. Cependant l'utilisateur a la possibilité de les rendre indisponibles, ce qui a pour effet d'invalider l'arc au cours du calcul (l'arc est présent dans le modèle, mais ignoré par le calcul).

III.1.19 Les réservoirs

Les réservoirs constituent des sources de pression et de débit du réseau, leur comportement est :

Au remplissage, lorsque le niveau d'eau atteint le trop plein, il peut y avoir

- Passage en surpression, le remplissage du réservoir est isolé du réservoir (fermeture de robinet flotteur).
- Débordement et perte d'eau (débordement par trop-plein), la charge reste égale à la cote trop-plein (option par défaut)

A la vidange, lorsque le niveau atteint le reliaison.

- Passage en dépression, le réservoir est isolé du reste du niveau normal, le réservoir reste connecté et le débit manquant pour maintenir le niveau au reliaison est produit par une réserve fictive mobilisée. à cet effet, la charge reste égale à la hauteur reliaison c'est l'option par défaut.

Il existe 5 catégories différentes de réservoirs :

- la première concerne les références de pression (source de pression constante ou modulable par l'utilisateur).

- Les autres caractéristiques sont :

- Alimentation par surverse ou par le bas
- Alimentation couplée ou découplée de la vidange (réservoir connecté au réseau par un ou deux nœuds)

III.1.19.1 référence de réservoir :

Le réservoir de type de référence de pression permet de modéliser :

1. les plans d'eau ;
2. les nappes ;
3. les bâches ;

Les références dépressions ont un volume infini (noté 0 par convention dans piccolo) et dans une étude dynamique le comportement dans le temps peut être défini par l'utilisation pour mobiliser l'abattement des nappes

Les données structurelles sont :

- Le nœud de connections.
- Le niveau d'eau minimal
- Le niveau d'eau maximal
- Le nom (en option)

Une donnée conjoncturelle est associée à la référence de pression

- Le niveau d'eau initial

III.1.19.2 Réservoir tampon alimenté par le bas

Le fonctionnement de l'appareil dépend du niveau H de l'eau dans le réservoir et de la charge H_n du nœud qui l'alimente.

Notons que c'est le seul type de réservoir pour lequel un robinet à flotteur n'est pas autorisé
Les données structurelles à définir sont :

- Le nœud de vidange ;
- Le volume de réservoir ;
- L'altitude de radier ;
- L'altitude de trop-plein ;
- Le nom option ;

La donnée conjoncturelle associée est :

- Le niveau d'eau initial, Si $H \geq H_n$ ($Q_r \leq 0$)
Si $H \leq H_n$ ($Q_r \geq 0$)

III.1.19.3 Réservoir alimenté par le bas

Ce type de réservoir a la particularité d'être alimenté par le bas à partir du nœud et de se vider par un autre nœud.

Son fonctionnement dépend des valeurs relatives de quatre niveaux du réservoir, H_r la charge du nœud de vidange.

Si $H_r \geq H$ le réservoir se remplit par le nœud de remplissage

Si $H_r \leq H$ le réservoir se vide par le nœud de vidange

Les données structurelles à définir sont :

- le nœud de vidange ;
- le nœud de remplissage ;
- le volume de réservoir ;
- l'altitude de radier ;
- l'altitude en trop-plein ;
- l'inhibition de clapet à la vidange ;

III.1.19.4 Réservoir alimenté par le haut

Si $H \geq H_r$ le réservoir se vide dans le réseau ;

Si $H < H_r$ Le réservoir ne se vide pas ;

Si $H \geq \max(H, H_s)$ le réservoir se remplit par sur verse ;

Si $H_r < \max(H, H_s)$ le réservoir ne se remplit pas ;

Les données structurelles à définir sont :

- le nœud de vidange ;
- nœud de remplissage ;
- le volume de remplissage ;
- l'altitude de trop-plein ;
- l'inhibition de clapet à la vidange ;
- la cote de sur verse ;

III.1.20 Les nœuds

Les nœuds constituent :

- Les extrémités des arcs ;
- Le support des consommateurs et poteaux d'incendie ;
- Les points de connexion des réservoirs ;

🚦 Dépendance consommation pression

Lorsque la variation de la consommation avec la pression est activée dans ce logiciel, la consommation en un nœud dans ce cas est égale à :

- Sa valeur minimale lorsque la pression est supérieure à un seuil P_1
- Zéro lorsque la pression est inférieure à un seuil P_0
- Obéit à une loi P/Q , lorsque la pression est comprise entre P_0 et P_1 .

Trois lois sont disponibles ; racine carrée, ellipse et exponentielles

Les formules utilisées sont :

$$Q_{\text{nœud}} = C_{\text{nominal}} \quad \text{Si } P \geq P_1$$

$$Q_{\text{nœud}} = C_{\text{nominal}} \frac{P - P_0}{P_1 - P_0} \quad \text{Si } P_1 > P > P_0$$

$$\left(\frac{Q_{\text{nœud}}}{C_{\text{nominal}}} \right)^2 + \left(\frac{P_1 - P}{P_1 - P_0} \right) = 1 \quad \text{Si } P_1 < P < P_0 \text{ (elliptique)}$$

$$Q_{\text{nœud}} = C_{\text{nom}} \times \left(\frac{1 - e^{-m_0(P_1 - P_0)}}{0,99} \right) \quad \text{Si } P_1 > P > P_0 \text{ (exponentielle)}$$

$$M_0 = \frac{I_n \times 100}{P_1 - P_0}$$

$$Q_{\text{nœud}} = 0 \quad \text{Si } P \leq P_0$$

Deux types de données sont associés à chaque nœud

- Les données topographiques
- Les données de consommation

🚦 Représentation topographique

Les coordonnées structurelles associées aux nœuds sont :

- Le numéro ;
- L'abscisse ;
- L'ordonnée ;
- L'altitude ;
- La zone de la localisation en option ;

- Le nom en option ;

■ Modélisation des consommateurs

Les données de consommation sont dissociées en :

- Consommation nominale ;
- Facteur de pondération des consommations nominales ;

III.2.simulation du réseau actuel 2006

Dans les calculs on prend la rugosité de Colebrook égale à 2mm, car le matériau utilisé dans le réseau d'alimentation en eau potable de cette ville est ancien.

Les résultats de calculs sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau III.1 : différents tronçons avec leurs caractéristiques

Nom	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité Colebrook	Matériau	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	PdC linéaire (m)	Concentration moyenne (mg/l)
R2 -N3	550.0	250.0	2.000	AC_V	12.265	0.250	0.257	0.424
N3 -N4	184.1	250.0	2.000	AC_V	6.504	0.132	0.027	0.334
N4 -N5	51.7	250.0	2.000	AC_V	2.997	0.061	0.002	0.283
N5 -N6	304.1	150.0	2.000	AC_V	2.743	0.155	0.131	0.233
N6 -N7	90.3	150.0	2.000	AC_V	2.468	0.140	0.032	0.197
N7 -N8	41.1	200.0	2.000	AC_V	5.319	0.169	0.015	0.214
N4 -N7	296.5	150.0	2.000	AC_V	3.147	0.178	0.165	0.271
N8 -N9	82.1	200.0	2.000	AC_V	5.171	0.165	0.028	0.201
N9 -N10	115.4	150.0	2.000	AC_V	1.835	0.104	0.024	0.180
N10 -N11	103.6	150.0	2.000	AC_V	1.645	0.093	0.017	0.154
N12 -N11	118.9	150.0	2.000	AC_V	-1.455	-0.082	-0.016	0.129
N13 -N12	46.0	150.0	2.000	AC_V	3.056	0.173	0.024	0.187
N9 -N13	59.3	150.0	2.000	AC_V	3.125	0.177	0.033	0.192
N14 -N13	296.5	50.0	2.000	AC_V	0.206	0.105	0.224	0.297
N3 -N14	37.1	160.0	2.000	AC_V	5.571	0.277	0.043	0.361
N14 -N15	91.7	160.0	2.000	AC_V	5.068	0.252	0.090	0.350
N15 -N16	295.4	50.0	2.000	AC_V	0.188	0.096	0.188	0.278
N16 -N17	51.5	150.0	2.000	AC_V	-2.551	-0.144	-0.019	0.158
N17 -N12	10.7	150.0	2.000	AC_V	-4.342	-0.246	-0.011	0.162
N17 -N18	441.5	150.0	2.000	AC_V	1.453	0.082	0.059	0.111
N18 -N19	224.2	150.0	2.000	AC_V	1.009	0.057	0.015	0.058
N20 -N19	301.2	150.0	2.000	AC_V	-0.649	-0.037	-0.009	0.025
N21 -N20	89.9	150.0	2.000	AC_V	2.158	0.122	0.025	0.136
N22 -N21	28.4	150.0	2.000	AC_V	2.306	0.131	0.009	0.146
N16 -N22	85.4	150.0	2.000	AC_V	2.443	0.138	0.030	0.152
N23 -N22	299.1	50.0	2.000	AC_V	0.159	0.081	0.140	0.248
N15 -N23	97.4	160.0	2.000	AC_V	4.541	0.226	0.078	0.330
N23 -N24	226.3	160.0	2.000	AC_V	3.959	0.197	0.140	0.296

N24 -N25	309.8	50.0	2.000	AC_V	0.109	0.055	0.071	0.187
N20 -N25	108.0	150.0	2.000	AC_V	2.469	0.140	0.038	0.097
N25 -N26	99.9	150.0	2.000	AC_V	2.219	0.126	0.029	0.088
N26 -N27	312.1	50.0	2.000	AC_V	-0.098	-0.050	-0.059	0.165
N24 -N27	86.8	160.0	2.000	AC_V	3.427	0.170	0.041	0.263
N27 -N28	336.4	160.0	2.000	AC_V	2.864	0.142	0.115	0.218
N28 -N29	405.9	150.0	2.000	AC_V	0.148	0.008	0.001	0.006
N26 -N29	264.4	150.0	2.000	AC_V	1.873	0.106	0.056	0.072
N29 -N30	74.1	100.0	2.000	AC_V	1.535	0.195	0.078	0.054
N30 -N31	445.4	80.0	2.000	AC_V	-0.097	-0.019	-0.008	0.034
N28 -N31	104.8	125.0	2.000	AC_V	2.166	0.176	0.071	0.178
N31 -N32	203.6	125.0	2.000	AC_V	1.815	0.148	0.099	0.155
N32 -N33	361.5	80.0	2.000	AC_V	0.566	0.113	0.179	0.113
N33 -N34	62.7	80.0	2.000	AC_V	1.119	0.223	0.110	0.061
N34 -N35	319.7	80.0	2.000	AC_V	0.525	0.105	0.138	0.048
N35 -N36	43.0	50.0	2.000	AC_V	0.251	0.128	0.046	0.038
N37 -N36	373.2	50.0	2.000	AC_V	0.067	0.034	0.035	0.032
N34 -N37	133.7	50.0	2.000	AC_V	0.256	0.130	0.150	0.056
N38 -N37	190.4	50.0	2.000	AC_V	0.276	0.141	0.246	0.091
N39 -N38	255.3	80.0	2.000	AC_V	0.593	0.118	0.138	0.115
N32 -N39	51.5	80.0	2.000	AC_V	0.847	0.169	0.054	0.138
N30 -N41	75.3	80.0	2.000	AC_V	1.230	0.245	0.157	0.049
N41 -N40	25.0	80.0	2.000	AC_V	1.061	0.211	0.040	0.047
N40 -N33	63.4	80.0	2.000	AC_V	0.892	0.177	0.073	0.046

Tableau III.2 : Les pressions aux noeuds

Nom	Cote sol (m)	Cote Piézo (m)	Pression (m)	Cote Radier (m)	Cote TP (m)	Volume (m3)	Débit au noeud (l/s)
R2	140.000	140.000	2.000	138.000	143.000	500	0.000
N3	115.450	139.743	24.293				0.190
N4	117.290	139.716	22.426				0.359
N5	117.540	139.714	22.174				0.254
N6	107.950	139.583	31.633				0.275
N7	107.890	139.551	31.661				0.296
N8	107.820	139.536	31.716				0.148
N9	107.670	139.508	31.838				0.211
N10	103.420	139.484	36.064				0.190
N11	103.000	139.467	36.467				0.190
N12	106.210	139.451	33.241				0.169
N13	107.520	139.476	31.956				0.275
N14	115.100	139.699	24.599				0.296
N15	114.250	139.609	25.359				0.338

N16	102.580	139.421	36.841				0.296
N17	105.650	139.441	33.791				0.338
N18	96.850	139.382	42.532				0.444
N19	94.350	139.367	45.017				0.359
N20	103.720	139.358	35.638				0.338
N21	103.950	139.383	35.433				0.148
N22	104.120	139.392	35.272				0.296
N23	113.110	139.531	26.421				0.423
N24	108.720	139.391	30.671				0.423
N25	103.250	139.319	36.069				0.359
N26	101.120	139.290	38.170				0.444
N27	108.140	139.350	31.210				0.465
N28	119.220	139.235	20.015				0.550
N29	101.320	139.234	37.914				0.486
N30	102.860	139.156	36.296				0.402
N31	119.450	139.164	19.714				0.254
N32	116.750	139.065	22.315				0.402
N33	104.450	138.886	34.436				0.338
N34	104.250	138.777	34.527				0.338
N35	97.470	138.639	41.169				0.275
N36	97.490	138.592	41.102				0.317
N37	104.450	138.627	34.177				0.465
N38	109.890	138.873	28.983				0.317
N39	116.870	139.011	22.141				0.254
N40	103.320	138.959	35.639				0.169
N41	103.170	138.999	35.829				0.169

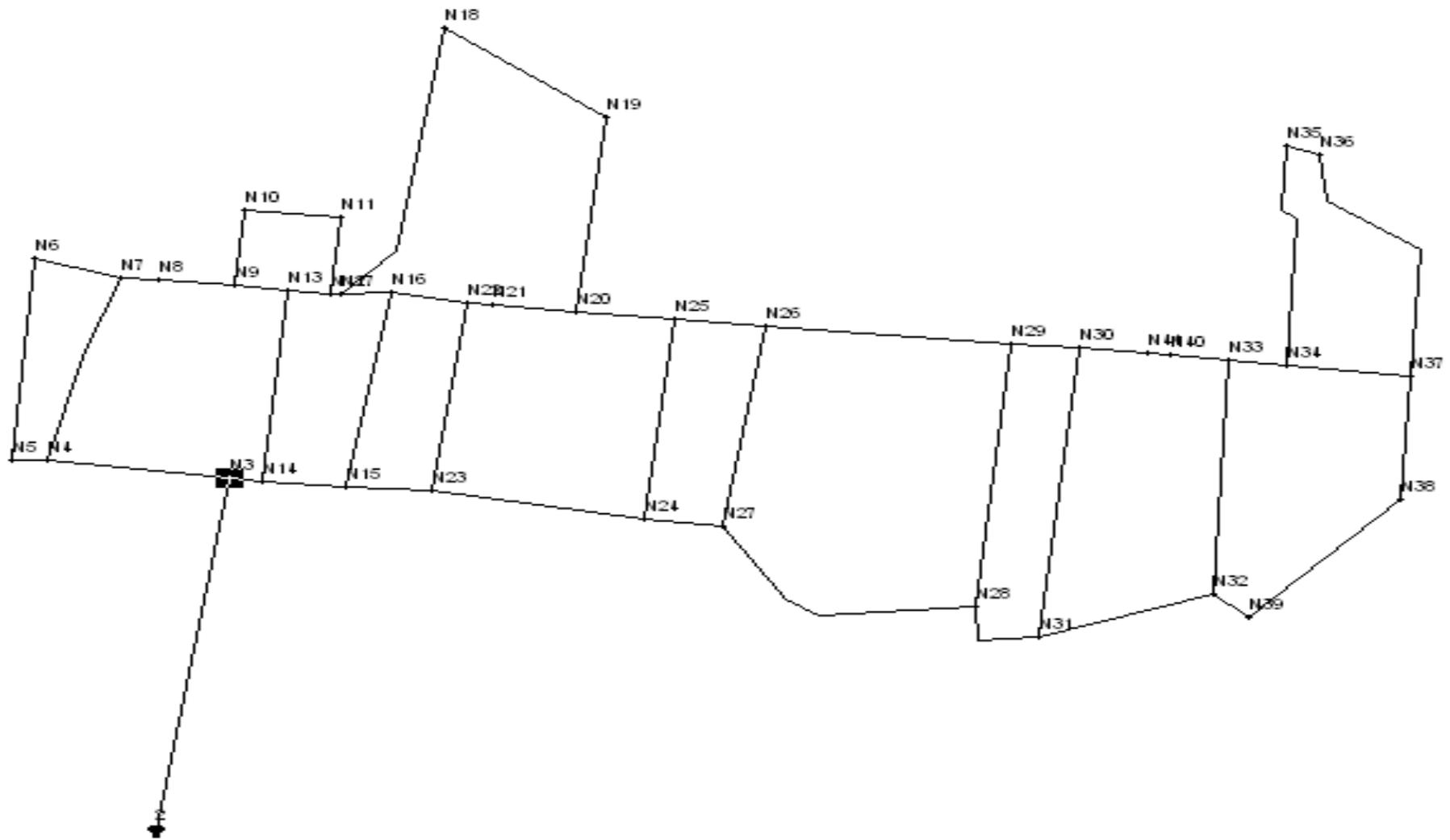


Figure III.1 : les noeuds

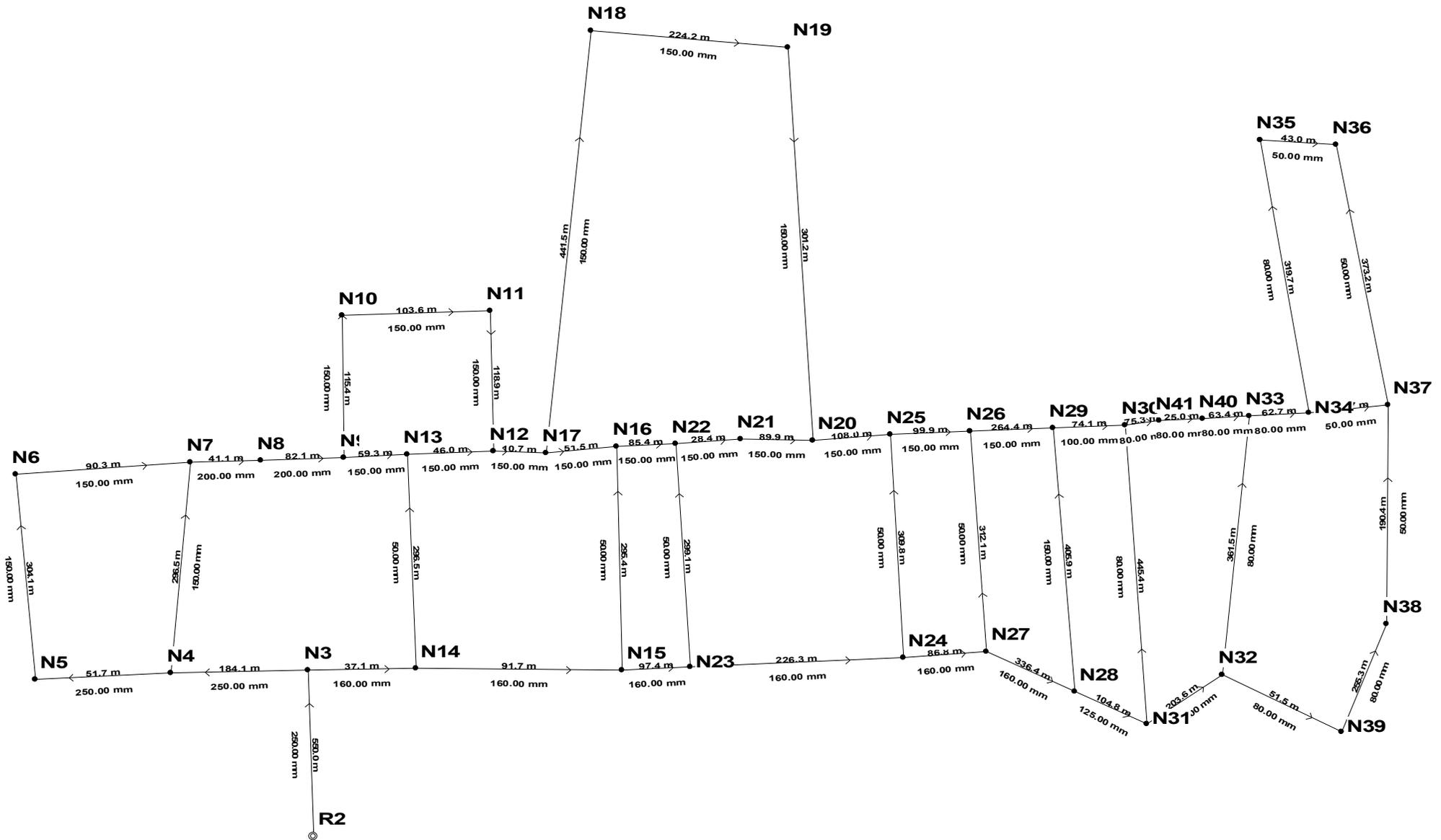


Figure III.2 : longueurs et diamètres pour 2006

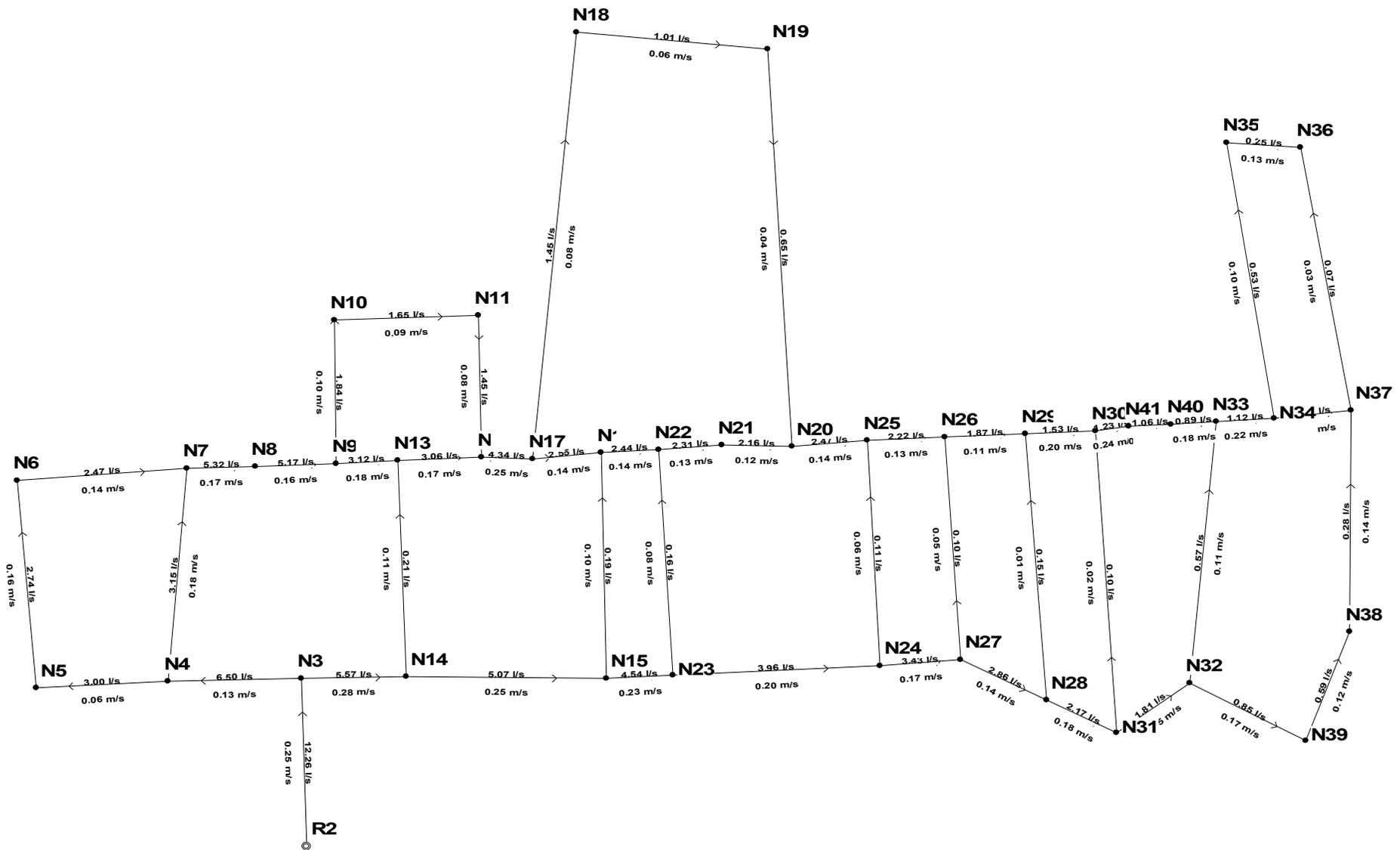


Figure III.3 : Débits et vitesses pour 2006

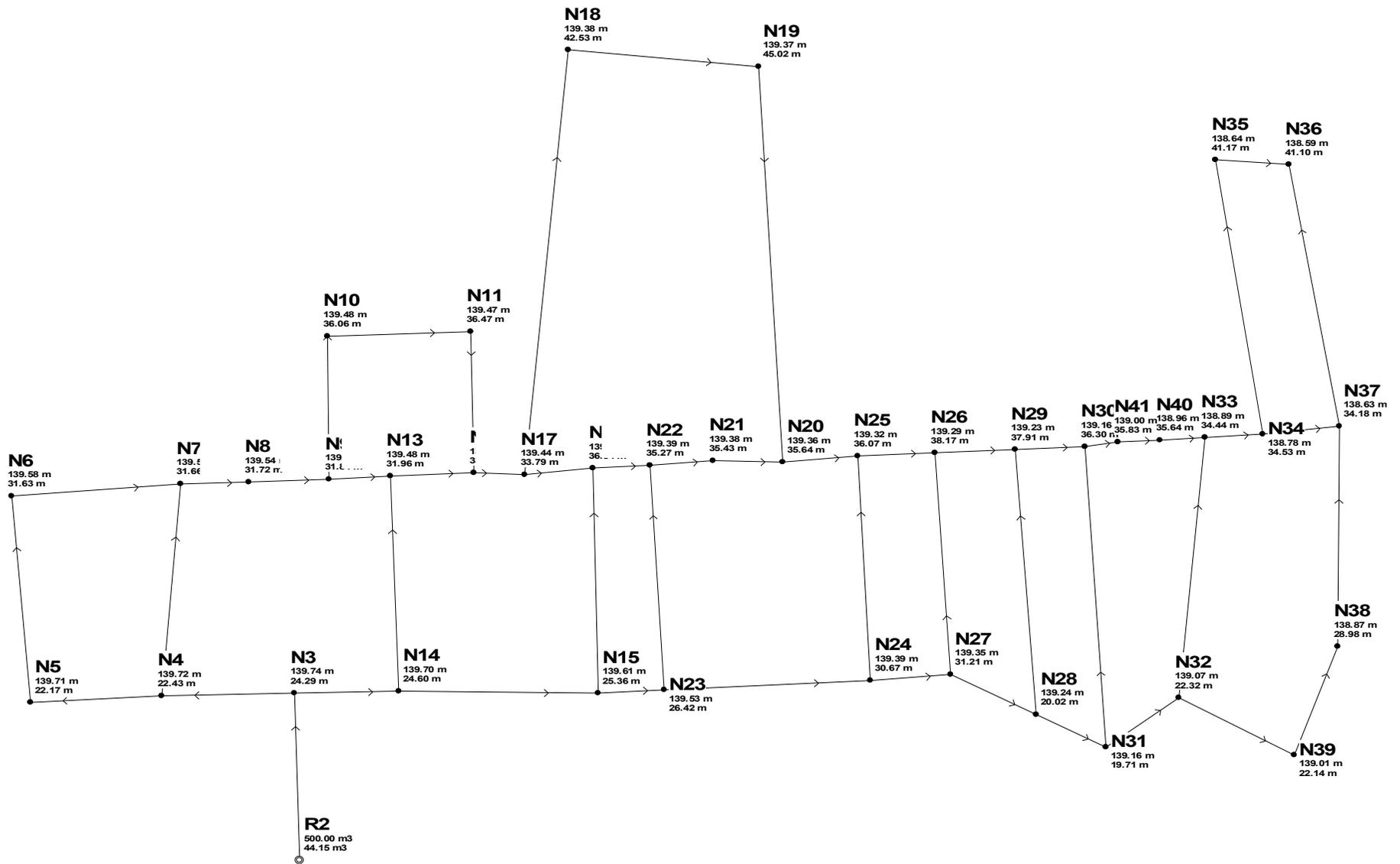


Figure III.4 : pressions aux nœuds pour 2006

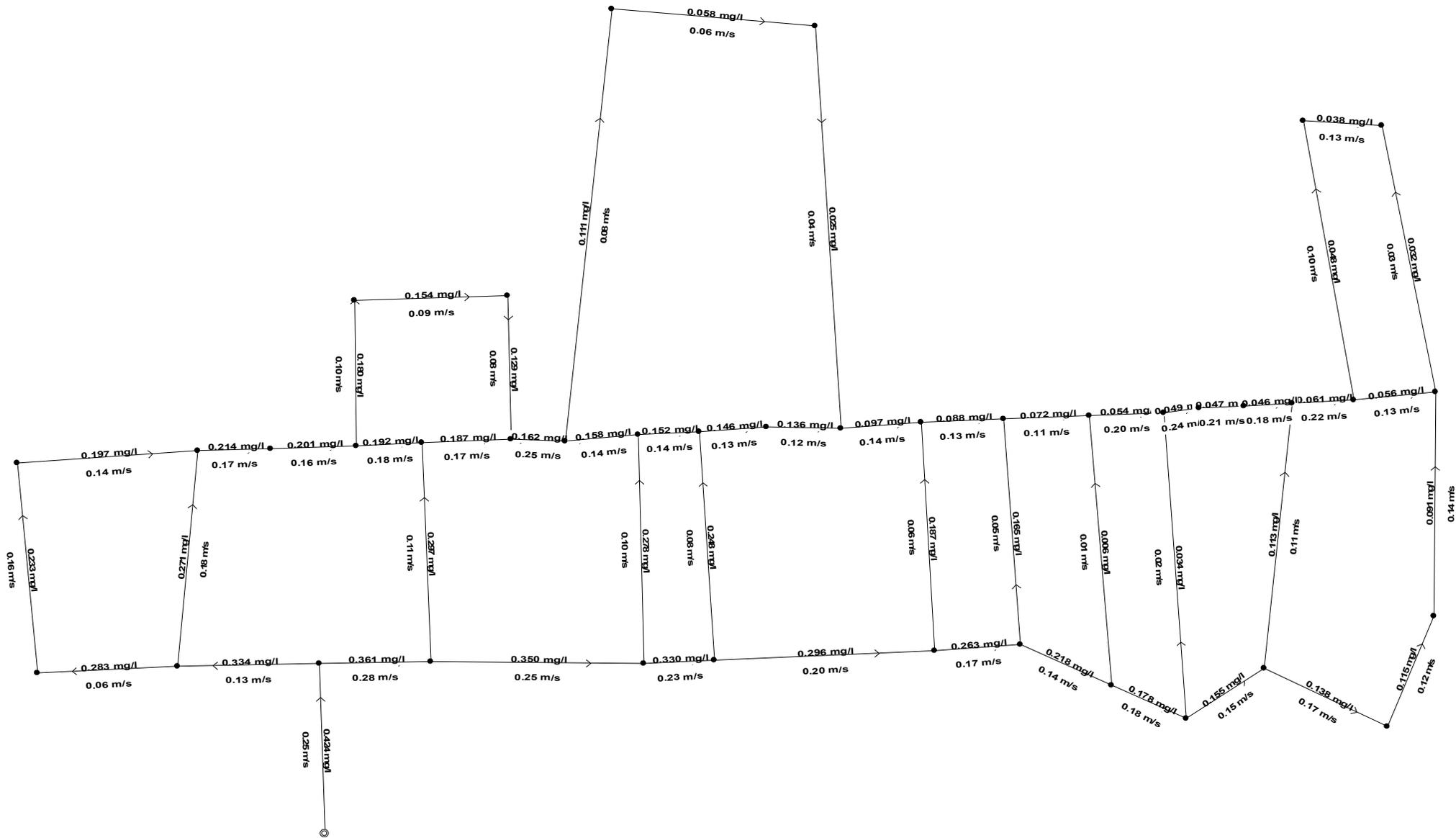


Figure III.5 : la concentration du chlore dans chaque tronçon pour 2006

III.3 Simulation du réseau futur 2035 :

Les canalisations d'adduction et de distribution d'eau potable font parties du patrimoine qui s'inscrit dans un processus de longue durée. Lorsqu'un réseau vieillit, il se met à ne plus assurer certains objectifs fondamentaux : la sécurité- éviter toute rupture de service (arrêt d'eau), la qualité – garantir la qualité d'eau distribuée et la pression disponible. Les résultats de calcul sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau III.3 : différents tronçons avec leurs caractéristiques

Nom	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité (Colebrook)	Matériau	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)	PdC linéaire (m)	Concentration moyenne (mg/l)
R2 -N3	550.0	250.0	1.000	AC_V	35.515	0.724	1.844	0.469
N3 -N4	184.1	250.0	1.000	AC_V	18.838	0.384	0.191	0.430
N4 -N5	51.7	250.0	1.000	AC_V	8.676	0.177	0.013	0.412
N5 -N6	304.1	150.0	2.000	AC_V	7.948	0.450	0.940	0.386
N6 -N7	90.3	150.0	2.000	AC_V	7.157	0.405	0.230	0.362
N7 -N8	41.1	200.0	2.000	AC_V	15.426	0.491	0.107	0.370
N4 -N7	296.5	150.0	2.000	AC_V	9.122	0.516	1.182	0.404
N8 -N9	82.1	200.0	2.000	AC_V	14.989	0.477	0.202	0.362
N9 -N10	115.4	150.0	2.000	AC_V	5.330	0.302	0.170	0.349
N10 -N11	103.6	150.0	2.000	AC_V	4.768	0.270	0.124	0.331
N12 -N11	118.9	150.0	2.000	AC_V	-4.207	-0.238	-0.113	0.310
N13 -N12	46.0	150.0	2.000	AC_V	8.863	0.502	0.174	0.353
N9 -N13	59.3	150.0	2.000	AC_V	9.055	0.512	0.234	0.356
N14 -N13	296.5	50.0	2.000	AC_V	0.599	0.305	1.605	0.418
N3 -N14	37.1	160.0	2.000	AC_V	16.136	0.803	0.311	0.447
N14 -N15	91.7	160.0	2.000	AC_V	14.685	0.730	0.645	0.439
N15 -N16	295.4	50.0	2.000	AC_V	0.546	0.278	1.350	0.408
N16 -N17	51.5	150.0	2.000	AC_V	-7.384	-0.418	-0.139	0.331
N17 -N12	10.7	150.0	2.000	AC_V	-12.571	-0.711	-0.077	0.337
N17 -N18	441.5	150.0	2.000	AC_V	4.209	0.238	0.420	0.292
N18 -N19	224.2	150.0	2.000	AC_V	2.919	0.165	0.108	0.237
N20 -N19	301.2	150.0	2.000	AC_V	-1.879	-0.106	-0.064	0.177
N21 -N20	89.9	150.0	2.000	AC_V	6.249	0.354	0.178	0.318
N22 -N21	28.4	150.0	2.000	AC_V	6.686	0.378	0.064	0.323
N16 -N22	85.4	150.0	2.000	AC_V	7.077	0.400	0.213	0.329
N23 -N22	299.1	50.0	2.000	AC_V	0.462	0.235	1.004	0.394
N15 -N23	97.4	160.0	2.000	AC_V	13.160	0.655	0.559	0.430
N23 -N24	226.3	160.0	2.000	AC_V	11.471	0.571	1.007	0.415
N24 -N25	309.8	50.0	2.000	AC_V	0.315	0.161	0.512	0.352

N20 -N25	108.0	150.0	2.000	AC_V	7.150	0.405	0.274	0.268
N25 -N26	99.9	150.0	2.000	AC_V	6.426	0.364	0.208	0.261
N26 -N27	312.1	50.0	2.000	AC_V	-0.284	-0.145	-0.425	0.342
N24 -N27	86.8	160.0	2.000	AC_V	9.928	0.494	0.296	0.397
N27 -N28	336.4	160.0	2.000	AC_V	8.291	0.412	0.821	0.371
N28 -N29	405.9	150.0	2.000	AC_V	0.444	0.025	0.006	0.116
N26 -N29	264.4	150.0	2.000	AC_V	5.420	0.307	0.402	0.239
N29 -N30	74.1	100.0	2.000	AC_V	4.449	0.566	0.563	0.210
N30 -N31	445.4	80.0	2.000	AC_V	-0.287	-0.057	-0.063	0.201
N28 -N31	104.8	125.0	2.000	AC_V	6.266	0.511	0.507	0.350
N31 -N32	203.6	125.0	2.000	AC_V	5.251	0.428	0.709	0.330
N32 -N33	361.5	80.0	2.000	AC_V	1.641	0.326	1.284	0.296
N33 -N34	62.7	80.0	2.000	AC_V	3.235	0.644	0.783	0.225
N34 -N35	319.7	80.0	2.000	AC_V	1.516	0.302	0.981	0.209
N35 -N36	43.0	50.0	2.000	AC_V	0.726	0.370	0.333	0.191
N37 -N36	373.2	50.0	2.000	AC_V	0.190	0.097	0.241	0.185
N34 -N37	133.7	50.0	2.000	AC_V	0.740	0.377	1.073	0.219
N38 -N37	190.4	50.0	2.000	AC_V	0.802	0.408	1.771	0.275
N39 -N38	255.3	80.0	2.000	AC_V	1.717	0.342	0.986	0.299
N32 -N39	51.5	80.0	2.000	AC_V	2.445	0.486	0.383	0.318
N30 -N41	75.3	80.0	2.000	AC_V	3.571	0.710	1.129	0.201
N41 -N40	25.0	80.0	2.000	AC_V	3.071	0.611	0.284	0.200
N40 -N33	63.4	80.0	2.000	AC_V	2.572	0.512	0.518	0.197

Tableau III.4 : Les pressions aux nœuds

Nom	Cote sol (m)	Cote Piézo (m)	Pression (m)	Cote Radier (m)	Cote TP (m)	Volume (m3)	Débit au noeud (l/s)
R2	140.000	140.000	2.000	138.000	143.000	500	0.000
N3	115.450	138.156	22.706				0.541
N4	117.290	137.965	20.675				1.040
N5	117.540	137.952	20.412				0.728
N6	107.950	137.012	29.062				0.791
N7	107.890	136.783	28.893				0.853
N8	107.820	136.676	28.856				0.437
N9	107.670	136.473	28.803				0.603
N10	103.420	136.303	32.883				0.562
N11	103.000	136.179	33.179				0.562
N12	106.210	136.066	29.856				0.499
N13	107.520	136.240	28.720				0.791
N14	115.100	137.844	22.744				0.853
N15	114.250	137.200	22.950				0.978

N16	102.580	135.850	33.270				0.853
N17	105.650	135.989	30.339				0.978
N18	96.850	135.568	38.718				1.290
N19	94.350	135.460	41.110				1.040
N20	103.720	135.396	31.676				0.978
N21	103.950	135.573	31.623				0.437
N22	104.120	135.637	31.517				0.853
N23	113.110	136.641	23.531				1.228
N24	108.720	135.633	26.913				1.228
N25	103.250	135.121	31.871				1.040
N26	101.120	134.913	33.793				1.290
N27	108.140	135.338	27.198				1.352
N28	119.220	134.517	! 15.297				1.581
N29	101.320	134.511	33.191				1.415
N30	102.860	133.947	31.087				1.165
N31	119.450	134.010	14.560				0.728
N32	116.750	133.301	16.551				1.165
N33	104.450	132.017	27.567				0.978
N34	104.250	131.234	26.984				0.978
N35	97.470	130.253	32.783				0.791
N36	97.490	129.920	32.430				0.915
N37	104.450	130.160	25.710				1.352
N38	109.890	131.931	22.041				0.915
N39	116.870	132.918	16.048				0.728
N40	103.320	132.535	29.215				0.499
N41	103.170	132.819	29.649				0.499

Les réseaux de distribution sont représentés dans les schémas suivants :

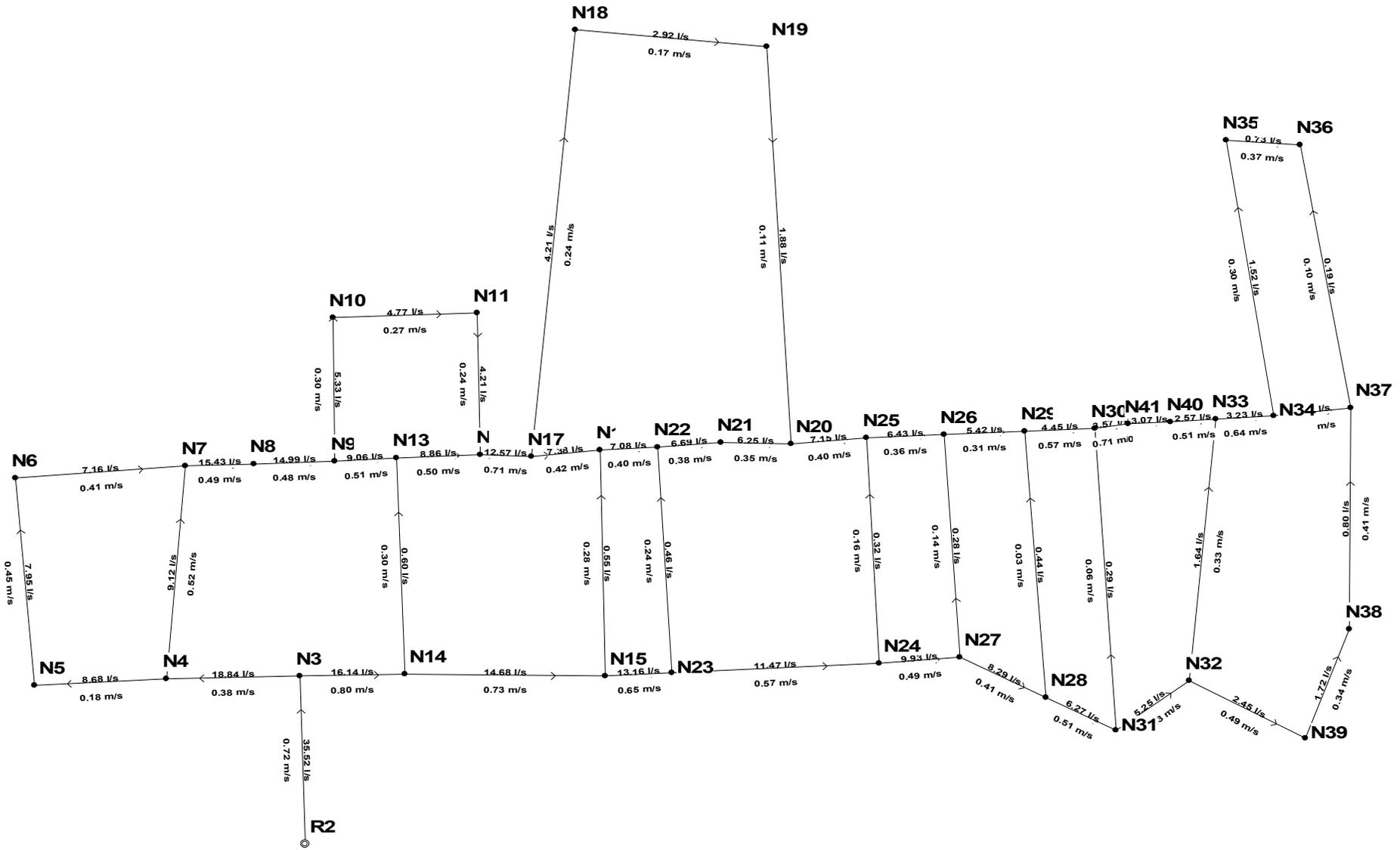


Figure III.6 : Débits et vitesses pour 2035

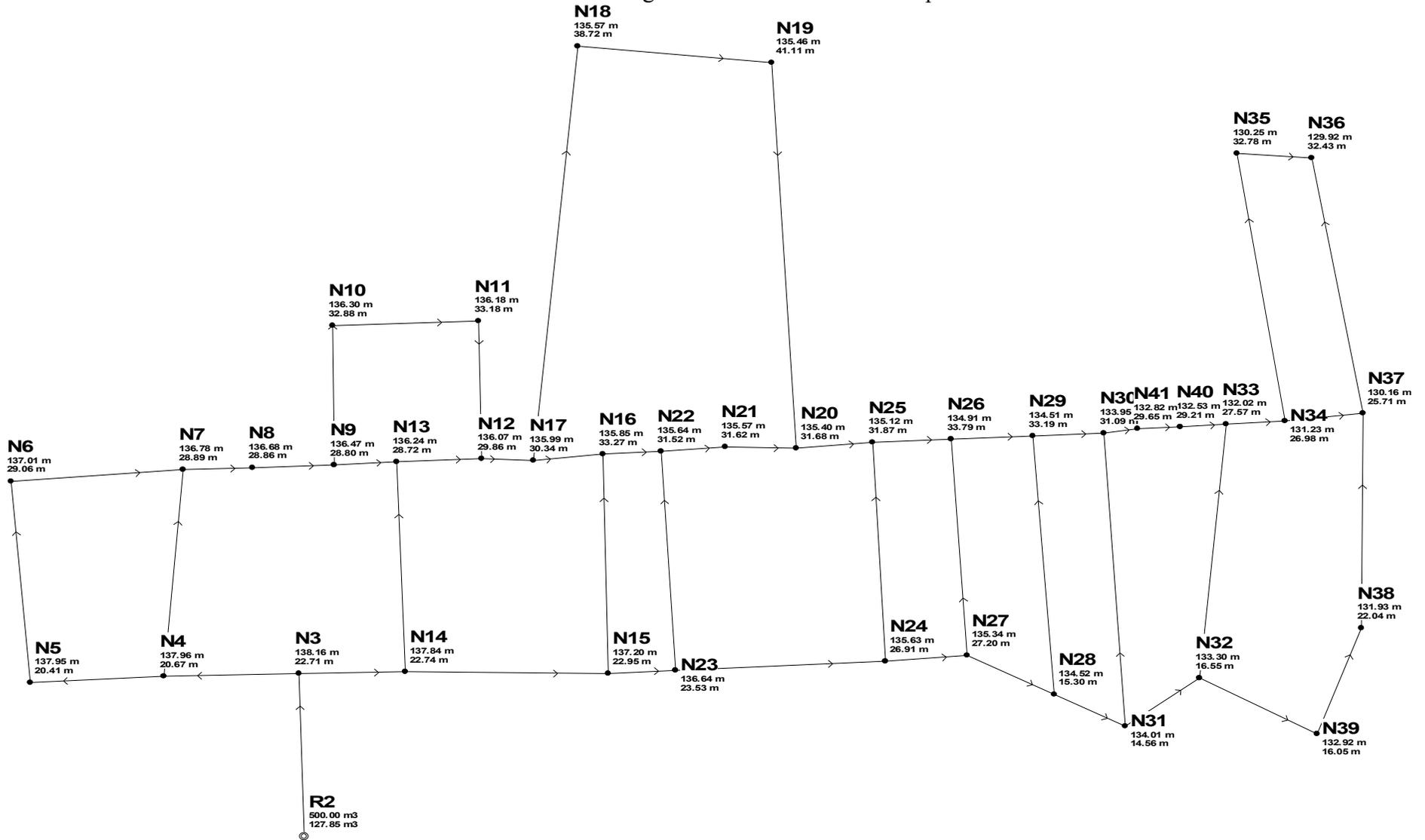


Figure III.7 : pressions aux nœuds pour 2035

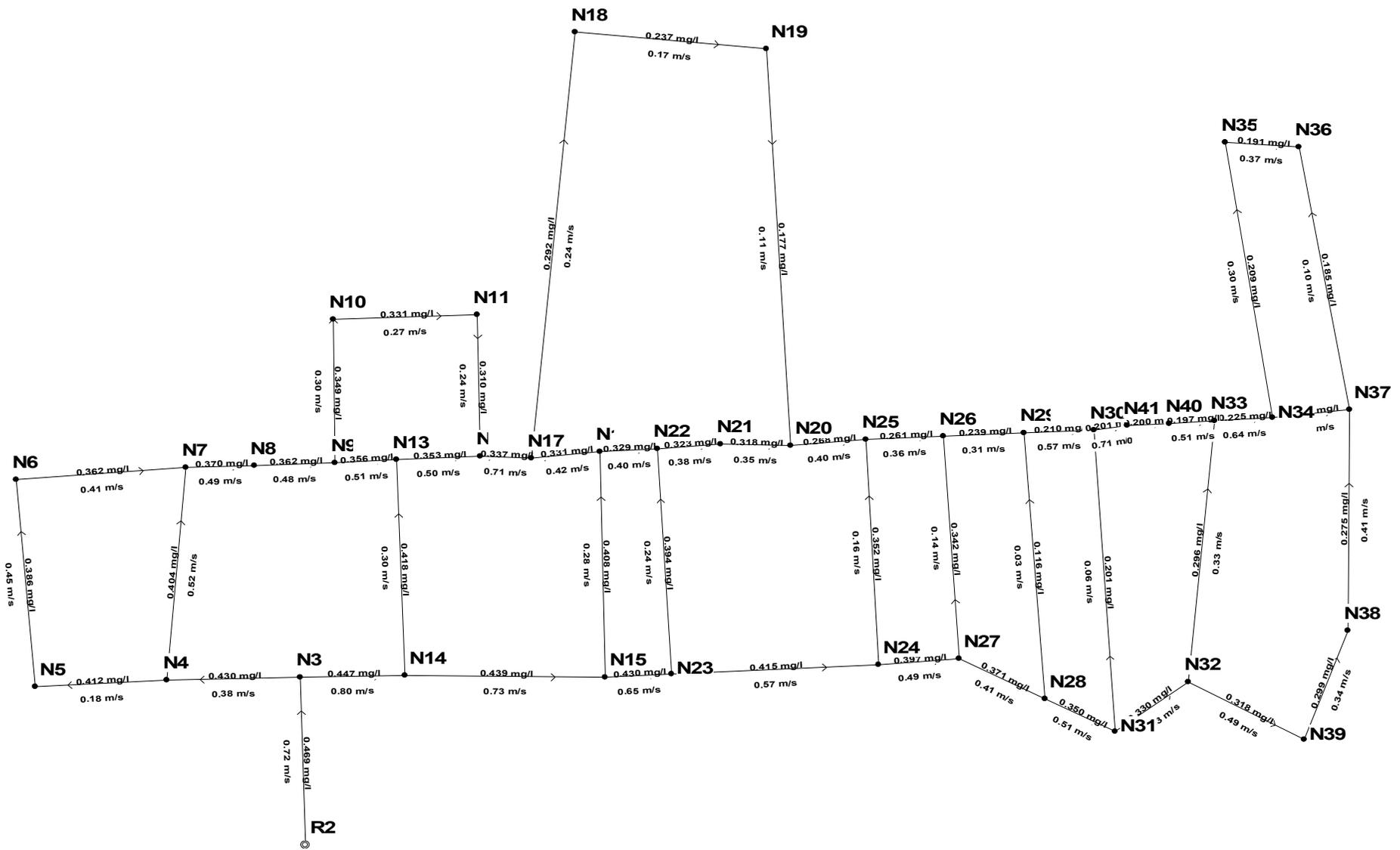


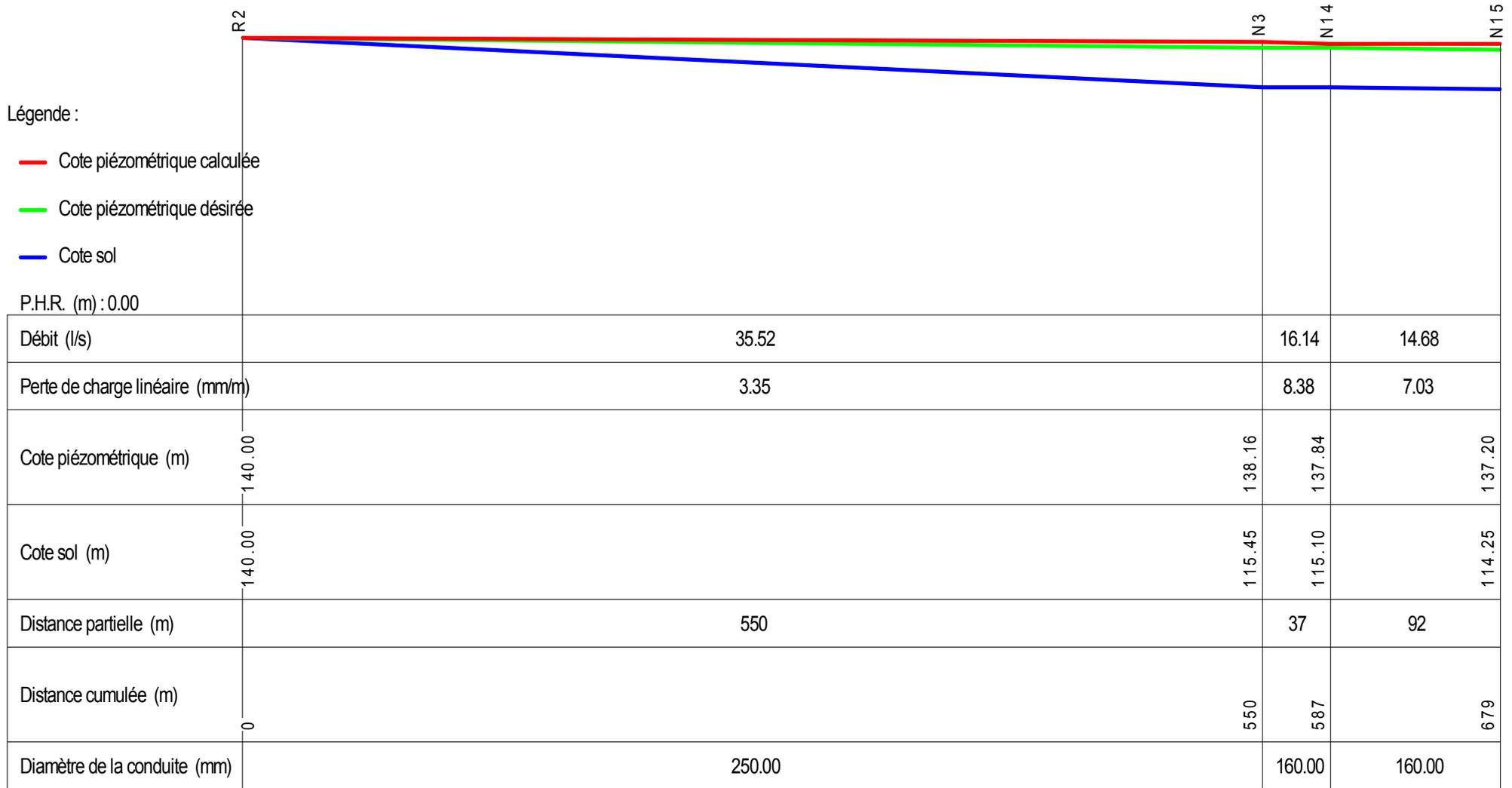
Figure III.8 : la concentration du chlore dans chaque tronçon pour 2035

III.4 Profils en long :

Dans ces profils, on représente la ligne d'eau dans chaque tronçon avec les cotes piézométriques calculées, les cotes piézométriques désirée et les cotes du sol.

La ligne piézométrique permet de visualiser la pression exercée par l'eau en chaque point du tracé.

Les profils en long des tronçons sont représentés sur les figures suivantes :



figureIII.9 : profile en long du tronçon R2-N15

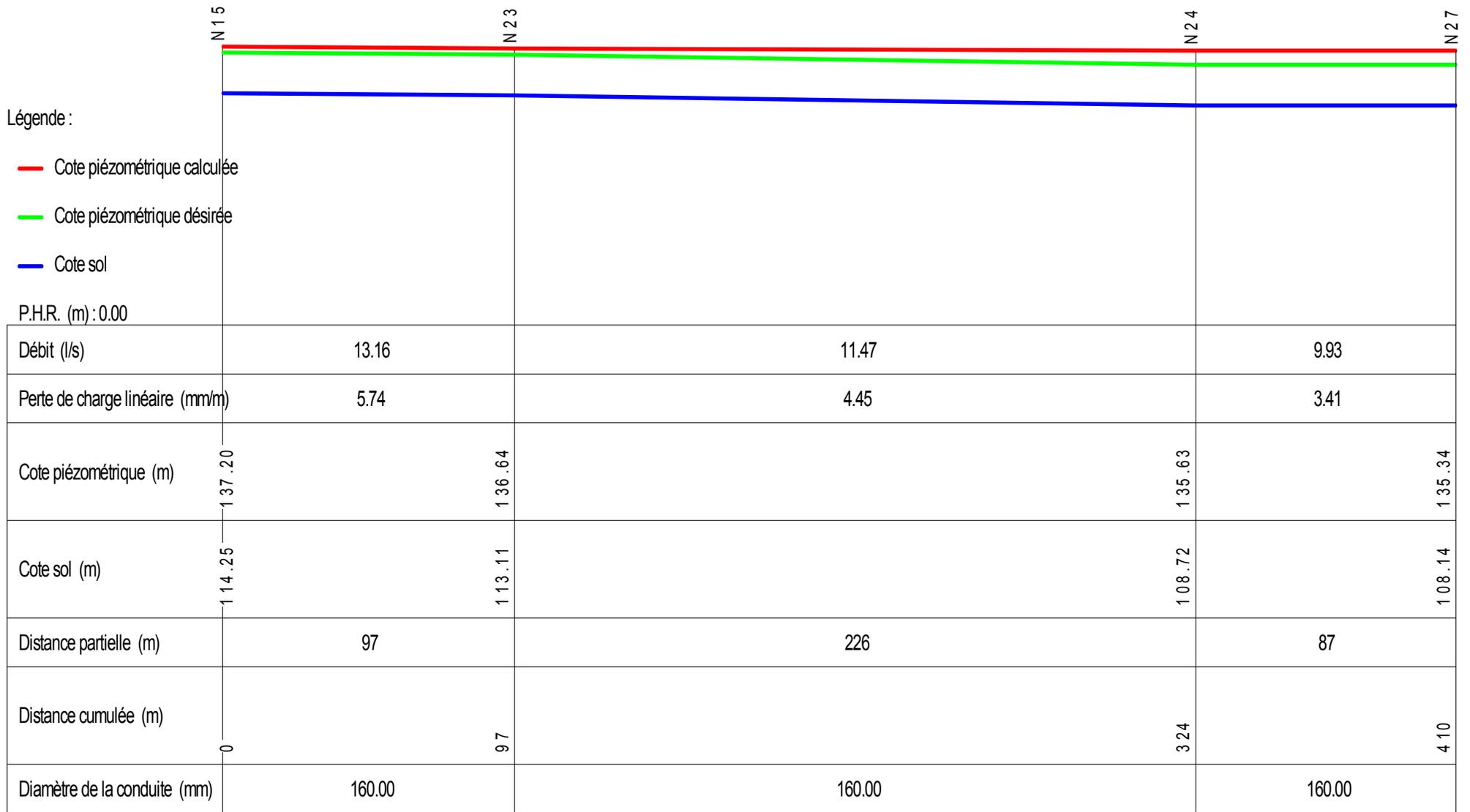


Figure III.10 : profile en long du tronçon N15-N27

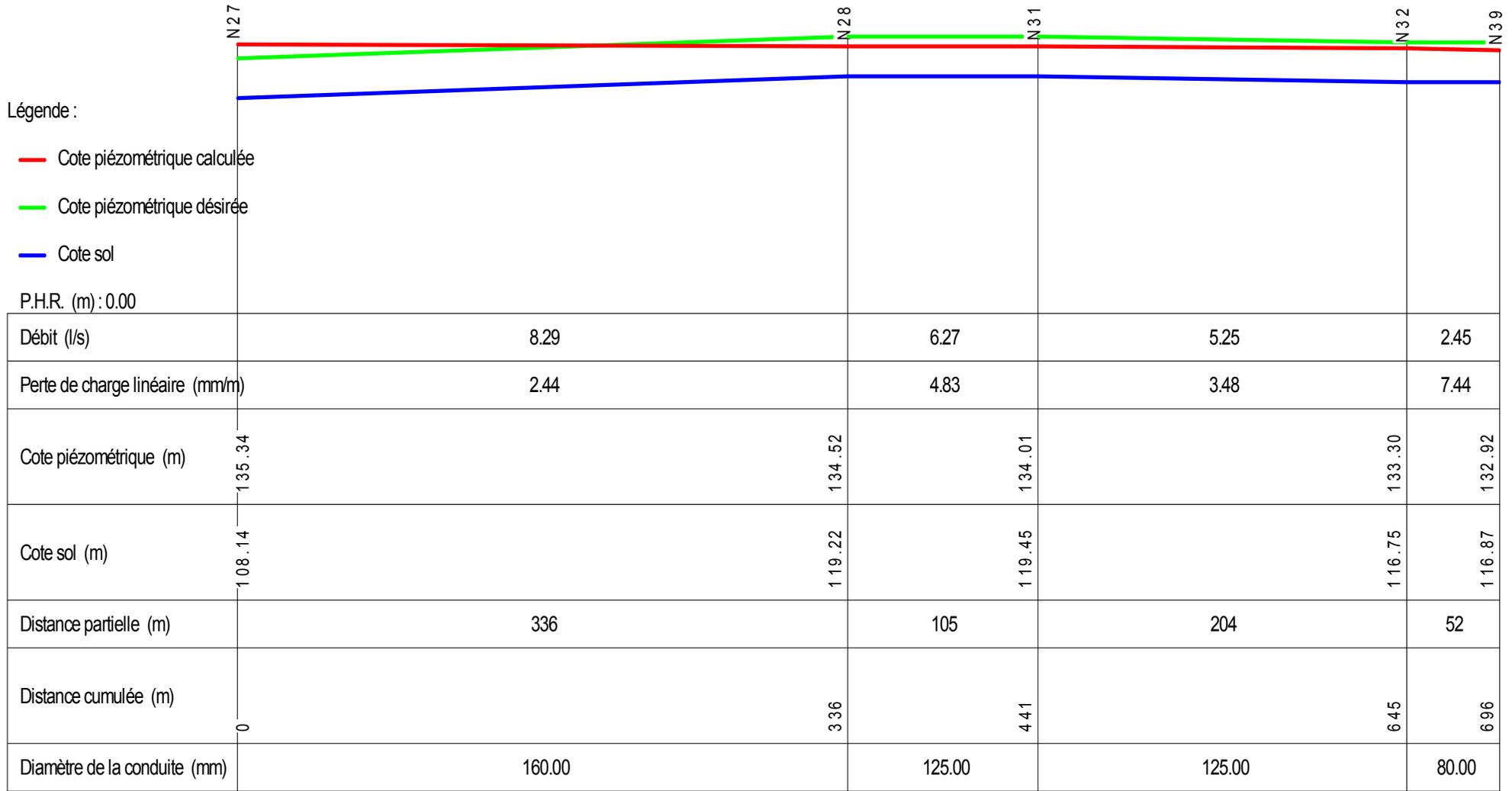
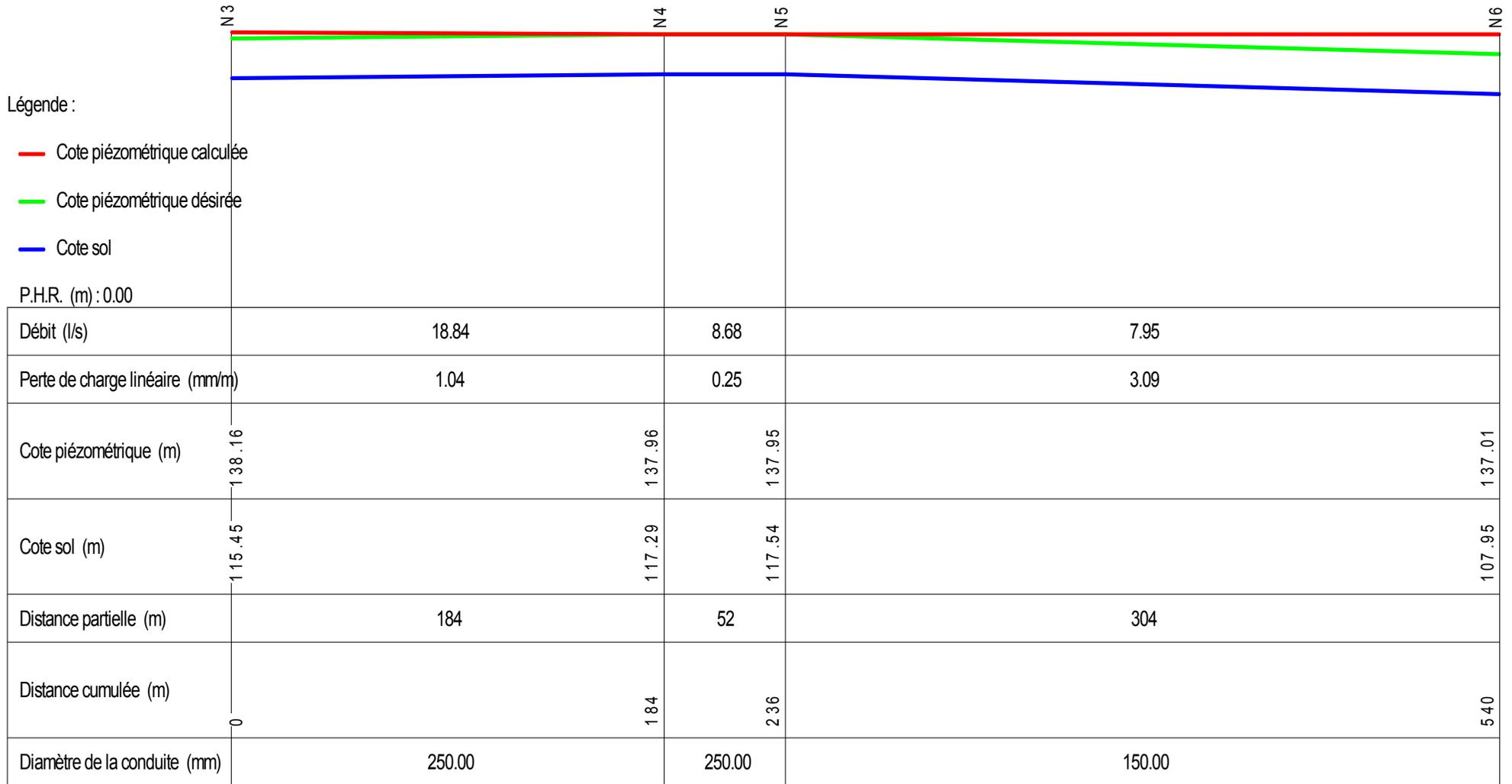
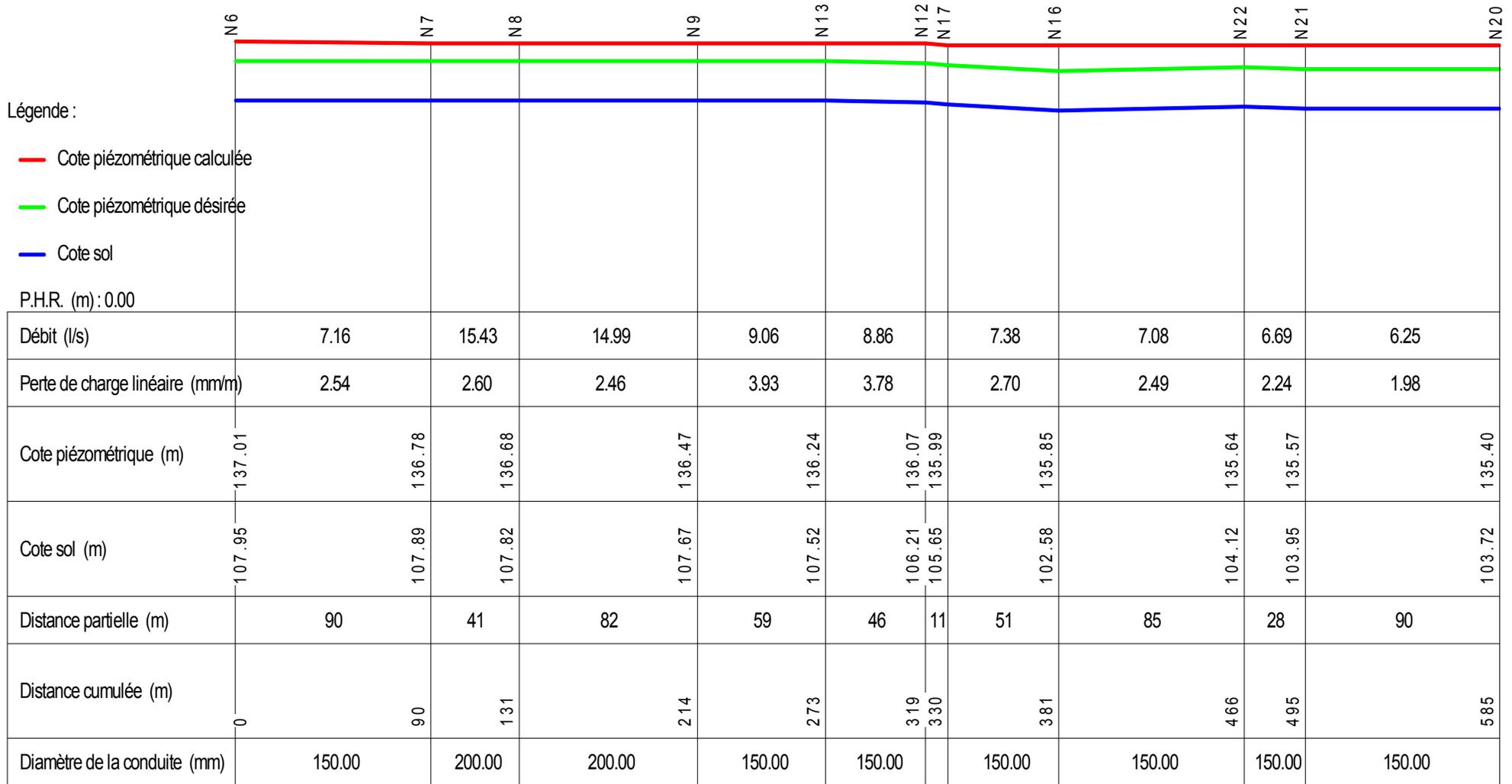


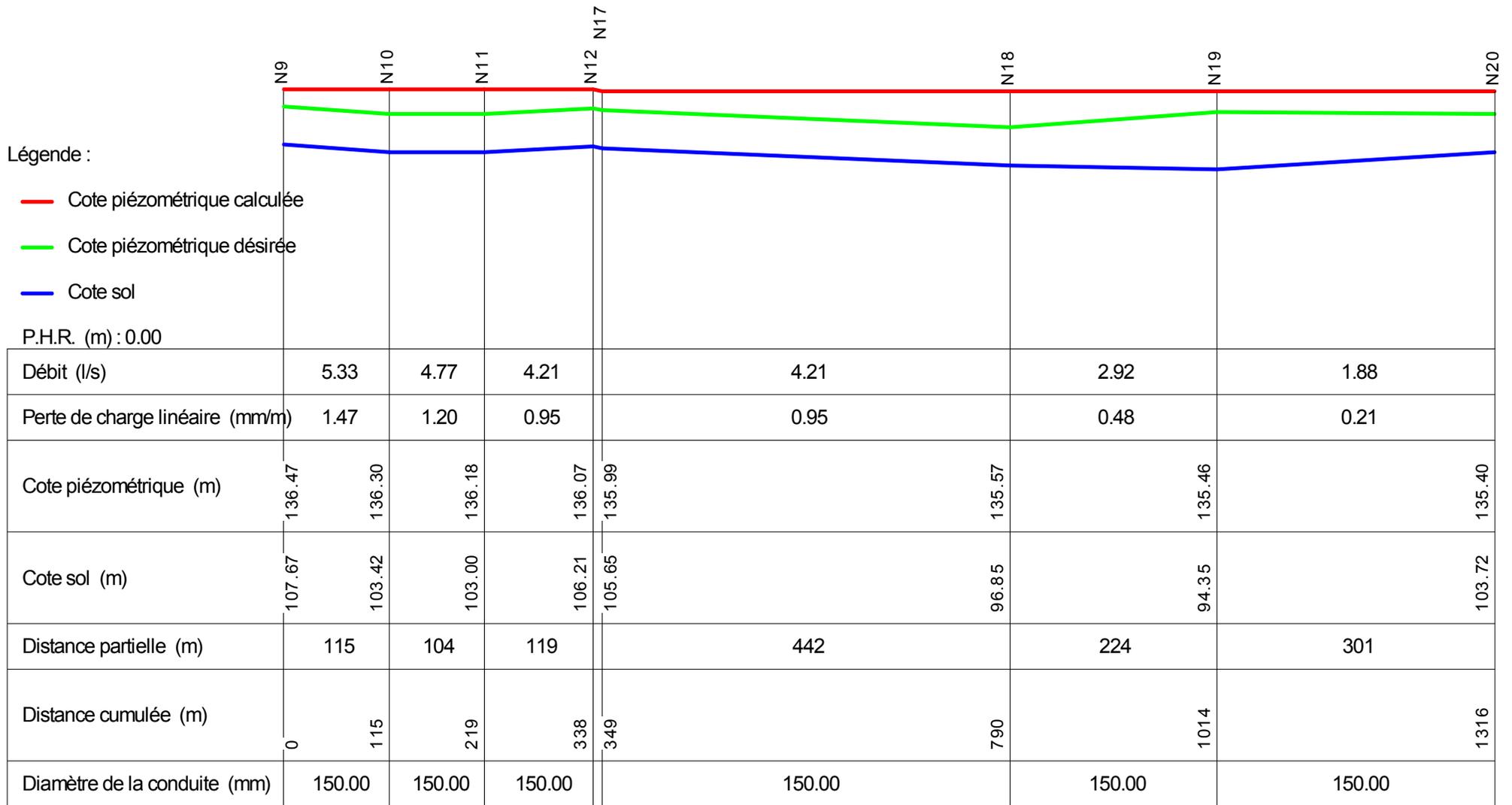
Figure III.11 : profile en long du tronçon N27-N39



FigureIII.12 : profile en long du tronçon N3-N6



FigureIII.13 : profile en long du tronçon N6-N20



FigureIII.14 : profile en long du tronçon N9-N20

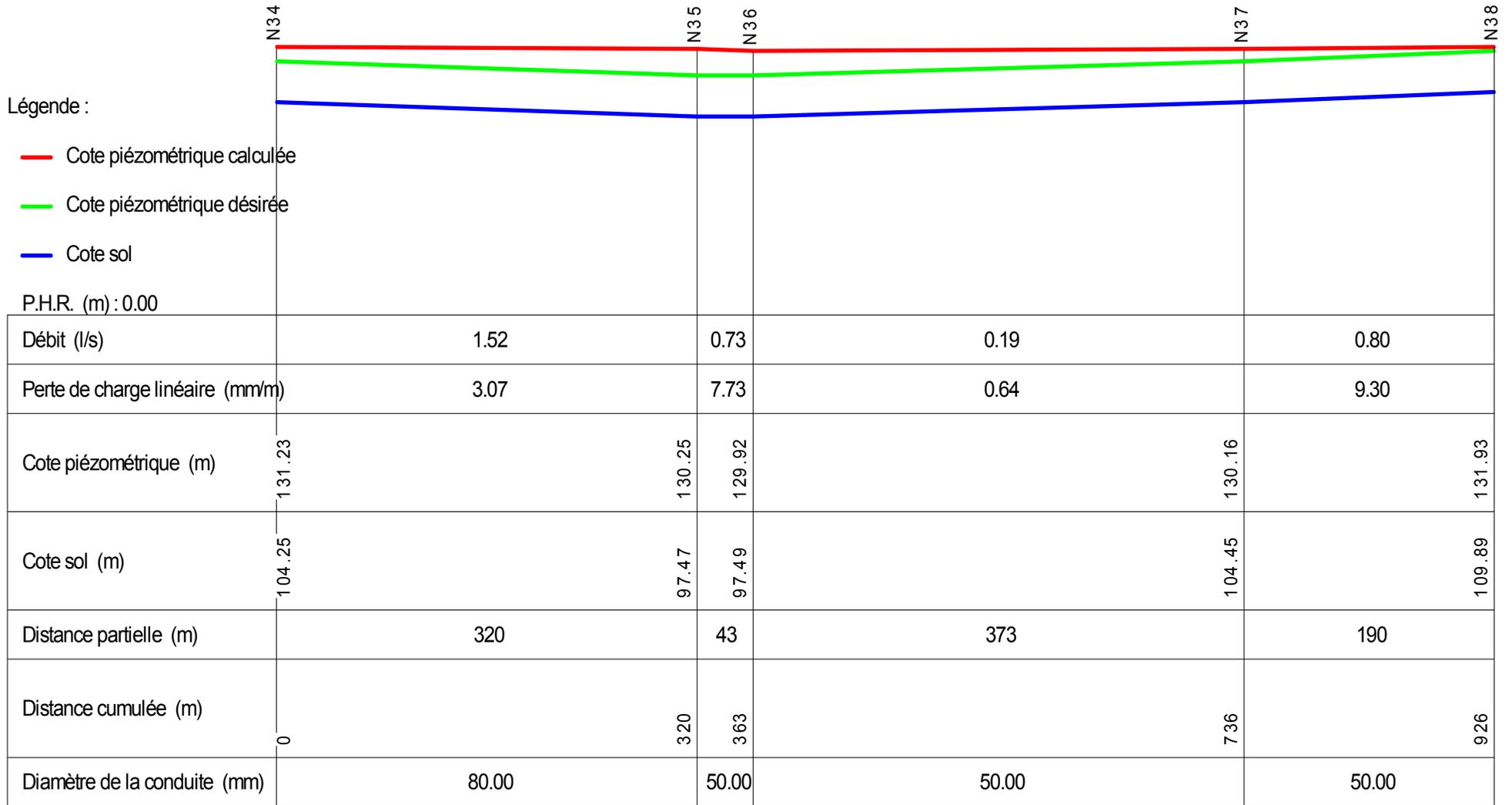


Figure III.15 : profile en long du tronçon N34-N38

Conclusion :

Après avoir fait une simulation pour l'année 2006 et 2035, on a constaté que le réseau de distribution de cette ville a des problèmes qui gênent le fonctionnement normal du réseau.

Il faut donc proposer des solutions pour éviter ces problèmes et pour que le réseau fonctionne bien, chose qui sera traitée dans le chapitre suivant.

Introduction :

Vu les problèmes trouvés dans le réseau de distribution de la ville de Hassainia, on essaiera de donner des solutions pour remédier à ces problèmes.

IV.3 Analyse de la situation actuelle 2006:

Les réseaux d'alimentation en eau potable des agglomérations posent de nombreux problèmes de point de vue hydraulique, dues aux accroissements démographiques, et au mode d'exploitation du système d'alimentation en eau.

IV.3.1 Interprétation des résultats de calcul de 2006 :

Le réseau de distribution de la ville de Hassainia présente certaines anomalies qui empêchent le bon fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable.

D'après nos calculs, on constate que :

1/ Les résultats des pressions obtenus sont favorables c'est-à-dire qu'ils sont dans la norme, entre 1bar et 4bars. Néanmoins dans certains nœuds la où la cote est faible, la pression dépasse les 4 bars, comme le nœud N19 où la cote est petite la pression est de l'ordre de 4,502bars. On remarque aussi que dans les nœuds N18, N35 et N36 la pression est supérieur à 4bars ;

2/ Les vitesses dans le réseau d'alimentation en eau potable sont très faibles, sachant que la vitesse admissible dans un tronçon est entre 0.5m/s à 1.5m/s, les vitesses dans ces tronçons sont comprises entre 0.1m/s jusqu'à 0,3m/s et voir même une vitesse de 0.008m/s où on peut dire qu'il y a pas d'écoulement.

3/ La chloration est le procédé de désinfection de l'eau le plus couramment utilisée dans la plupart des pays. Il est peu onéreux et détruit de nombreux micro-organismes. C'est un désinfectant qui garantit le maintien de la qualité de l'eau distribuée et prévient la formation et le développement de germes pathogènes lors de son transport dans les canalisations. La quantité de chlore ajoutée est très faible, de l'ordre de 0,3 mg/l qui correspond à une goutte dans 1 m³ d'eau.

Dans ce réseau, on remarque que les concentrations sont un peu faibles. Néanmoins dans certains tronçons la concentration est presque nulle, ce qui peut provoquer des maladies telles que le choléra, la fièvre typhoïde ou la dysenterie.

Remarque :

Le matériau utilisé dans le réseau est l'amiante ciment.

L'amiante est un matériau fibreux que l'on mélange avec du ciment qui est un silicate de calcium et d'aluminium. On constitue avec se produit une sorte de toile qui est enroulée autour d'un mandrin et donne des tuyaux économiques, mais assez fragiles aux chocs.

La fibre d'amiante additionnée à des ciments, plastiques, résines, enduits, adhésifs apporte à ces éléments une partie de ses caractéristiques physico-chimiques, en particulier sa grande résistance (à la corrosion, à la chaleur, aux produits chimiques, etc.). Le plus connu des produits utilisant la fibre d'amiante en tant que charge additionnelle est l'amiante-ciment. L'amiante-ciment est constitué d'amiante et de ciment auquel on ajoute de l'eau. Les fibres

d'amiante jouent ici le même rôle que les barres de fer dans le béton armé. Après solidification, le matériau obtenu devient très résistant, même en faible épaisseur. Ce qui explique pourquoi il intervenait fréquemment dans la fabrication de plaques, tubes et tuyaux ou revêtements de surface.

Les risques pour la santé

L'exposition à l'amiante, même faible, est scientifiquement établie comme nocive. Si le fait est connu, la raison de cette nocivité, liée aux caractéristiques des fibres d'amiante, l'est peut-être moins. Les fibres d'amiante sont très fines (elles peuvent être jusqu'à 2000 fois plus fines qu'un cheveu) mais relativement longues (jusqu'à 0,02 mm). Du fait de leur taille, elles peuvent pénétrer profondément dans l'appareil respiratoire, jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Du fait de leur longueur, elles sont difficiles à éliminer par l'organisme et elles s'incrument. L'accumulation des fibres d'amiante dans l'organisme est responsable de l'apparition de pathologies graves, surtout au niveau pulmonaire. Les maladies induites par les fibres d'amiante sont de type cancéreux (comme le mésothéliome ou cancer de la plèvre) ou bien non cancéreux (comme l'asbestose). L'apparition des maladies liées à l'amiante dépend du type de fibre, de l'état du matériau contenant de l'amiante et de la durée d'exposition aggravant pour le cancer du poumon.

Les premiers signes de la maladie n'apparaissent généralement que 20 à 40 ans après l'exposition à l'amiante. Le tabagisme est un facteur

C'est pour quoi Le **décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996**, pris en application du code du travail et du code de la consommation, prévoit que « la fabrication, la transformation, la vente, l'importation, la mise sur le marché national et la cession à quelque titre que ce soit de toutes variétés de fibres d'amiante, que ces substances soient ou non incorporées dans des matériaux, produits ou dispositifs » sont interdites. Cette réglementation est entrée en vigueur depuis le 1er janvier 1997.

En résumé les conduites en amiante ciment doivent être évitées.

IV.4 Solution du réseau actuel :

Actuellement le réseau de distribution de la ville de Hassainia est en bon état:

- Les pressions sont dans la norme.
- Les vitesses sont faibles, car le réseau est conçu pour véhiculer un débit correspondant à l'année 2035, alors qu'actuellement il véhicule un débit de l'année 2006.
- On doit aussi augmenter la concentration du chlore au niveau du réservoir jusqu'à ce que la concentration dans les tronçons les plus éloignés soit de 0.2 à 0.3 mg/l et ne pas dépasser 1mg/l dans les tronçons qui sont proches du réservoir.

IV.5 Analyse de la situation futur 2035 :

IV.5.1 Interprétation des résultats de calcul pour 2035:

Vu les résultats trouvés pour l'année 2035 on remarque que, la pression au niveau de chaque nœud est acceptable, ce qui permet de garder la canalisation en bon état et diminuer ainsi les pertes d'eau dans le réseau.

Les vitesses d'écoulement sont très faibles, surtout dans certains tronçons où on peut dire qu'il n'y a vraiment pas d'écoulement, cela est due au sur dimensionnement du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Hassainia.

La vitesse faible peut:

Engendrer le dépôt des sédiments ;

Influencer sur la qualité de l'eau ;

Pour cela les diamètres de certains tronçons doivent être changés pour que la vitesse d'écoulement soit dans la gamme.

On remarque que la concentration du chlore dans les tronçons est admissible. En comparant avec les concentrations de 2006, on voit que la chloration augmente avec la vitesse et le débit dans le réseau. Néanmoins certains tronçons présentent une faible concentration du chlore comme le tronçon N20-N19, N35-N36, N40-N33.

Dans le tableau IV.1, nous mentionnons tous les tronçons dont les vitesses sont inférieures à la normale.

Tableau IV.1 : les vitesses inférieures à la normale

Nom	Vitesse (m/s)
N3 -N4	0.384
N4 -N5	0.177
N5 -N6	0.450
N6 -N7	0.405
N8 -N9	0.477
N9 -N10	0.302
N10 -N11	0.270
N12 -N11	-0.238
N14 -N13	0.305
N15 -N16	0.278
N16 -N17	-0.418
N17 -N18	0.238
N18 -N19	0.165
N20 -N19	-0.106
N21 -N20	0.354
N22 -N21	0.378
N16 -N22	0.400
N23 -N22	0.235
N24 -N25	0.161
N20 -N25	0.405
N25 -N26	0.364
N26 -N27	-0.145
N27 -N28	0.412
N28 -N29	0.025
N26 -N29	0.307

Tableau IV.1 : les vitesses inférieures à la normale
(suite)

N30 -N31	-0.057
N31 -N32	0.428
N32 -N33	0.326
N34 -N35	0.302
N35 -N36	0.370
N37 -N36	0.097
N34 -N37	0.377
N38 -N37	0.408
N39 -N38	0.342
N32 -N39	0.486

Vu le type du matériau utilisé et ses effets nocifs sur la santé ainsi que le surdimensionnement du réseau, on procédera au renouvellement du réseau en utilisant un autre matériau avec des nouveaux diamètres.

IV.3 Proposition des nouveaux diamètres :

Les nouveaux diamètres sont représentés dans le tableau IV.2

Tableau IV.2 : les nouveaux diamètres

Nœuds	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité mm	Débit LPS	Vitesse m/s
N3-N4	184,112	100	2	3,64	0,46
N4-N5	51,68	50	2	1,55	0,79
N5-N6	304,085	50	2	0,82	0,42
N6-N7	90,323	50	2	0,03	0,02
N7-N8	41,096	50	2	0,23	0,12
N8-N9	82,077	50	2	-0,21	0,11
N9-N10	115,376	80	2	0,46	0,09
N10-N11	103,637	80	2	-0,1	0,02
N11-N12	118,858	80	2	-0,58	0,12
N12-N13	46,009	50	2	-1,44	0,73
N13-N14	296,467	80	2	-3,5	0,7
N9-N13	59,348	50	2	1,27	0,65
N14-N15	91,647	200	2	26,89	0,86
N15-N16	295,353	80	2	2,82	0,56
N17-N16	51,449	50	2	1,76	0,9
N17-N18	441,533	50	2	1,14	0,58
N18-N19	224,201	80	2	-0,15	0,03
N19-N20	301,251	50	2	-1,19	0,6
N21-N20	89,866	50	2	-1,51	0,77
N22-N21	28,421	50	2	-1,94	0,99
N22-N23	299,135	80	2	-2,59	0,52
N15-N23	97,366	200	2	-23,1	0,74

TableauIV.2 : les nouveaux diamètres (suite)

N23-N24	226,304	160	2	19,27	0,96
N24-N27	86,795	160	2	14,74	0,73
N24-N25	309,833	80	2	3,3	0,66
N20-N25	108,027	50	2	0,66	0,33
N26-N27	312,086	80	2	3,19	0,64
N27-N28	336,369	125	2	-10,2	0,83
N28-N31	104,804	125	2	7,83	0,64
N31-N32	203,586	125	2	6,34	0,52
N32-N39	51,519	80	2	2,16	0,43
N38-N39	255,312	50	2	1,43	0,73
N37-N38	190,441	50	2	0,51	0,26
N34-N37	133,701	50	2	-1,43	0,73
N33-N34	62,729	80	2	-3,52	0,7
N40-N33	63,434	80	2	-1,48	0,3
N30-N41	75,293	80	2	-2,48	0,5
N29-N30	74,117	80	2	-2,89	0,57
N26-N29	264,43	80	2	-3,51	0,7
N25-N26	99,931	80	2	-1,61	0,32
N28-N29	405,867	50	2	-0,79	0,4
N30-N31	445,444	50	2	-0,76	0,39
N32-N33	361,488	80	2	-3,02	0,6
N34-N35	319,718	50	2	1,12	0,57
N36-N37	373,202	50	2	0,59	0,3
N35-N36	43,016	50	2	0,33	0,17
N13-N14	296,467	50	2	1,05	0,54
N16-N22	85,414	50	2	-0,2	0,1
N41-N40	25,032	80	2	-1,98	0,39
N3-N14	37,142	250	2	-31,25	0,64
N12-N17	10,687	50	2	-0,36	0,18
R2-N3	550	250	2	35,43	0,72

Les pressions des diamètres changés sont représentées dans le tableauIV.3

TableauIV.3 : les pressions aux nœuds

ID Noeud	Altitude	Demande	Pression
	m	L/S	m
N3	115,45	0,54	24,46
N 4	117,29	1,04	21,61
N 5	117,54	0,73	19,21
N 6	107,95	0,79	25,19
N 7	107,89	0,85	25,25
N 8	107,82	0,44	25,28
N 9	107,67	0,6	25,49
N 10	103,42	0,56	29,71
N 11	103	0,48	30,13
N 12	106,21	0,5	26,98
N 13	107,52	0,79	27,32

Tableau IV.3 : les pressions aux nœuds (suite)

N 14	115,1	0,85	24,7
N 15	114,25	0,98	24,89
N 16	102,58	0,85	33,35
N 17	105,65	0,98	27,51
N 18	96,85	1,29	26,2
N 19	94,35	1,04	28,71
N 20	103,72	0,98	26,73
N 21	103,95	0,44	30,06
N 22	104,12	0,85	31,75
N 23	113,11	1,23	25,52
N 24	108,72	1,23	27,16
N 25	103,25	1,04	28,03
N 26	101,12	1,29	29,8
N 27	101,32	1,35	33,94
N 28	119,22	1,58	11,74
N 29	101,32	1,41	25,16
N 30	102,86	1,16	22,77
N 31	119,45	0,73	10,72
N 32	116,75	1,16	12,41
N 33	104,45	0,98	20,22
N 34	104,25	0,98	19,36
N 35	97,47	0,79	19,17
N 36	97,49	0,92	19,06
N 37	104,45	1,35	14,41
N 38	109,89	0,92	9,87
N 39	116,87	0,73	11,96
N 40	103,32	0,5	21,54
N 41	103,17	0,5	21,83
R 2	140	-35,43	2

Conclusion :

D'après cela on a constaté que le réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Hassainia doit être rénové. Pour cela on a proposé des nouveaux diamètres permettant le bon fonctionnement de ce réseau. Les vitesses d'écoulement dans les conduites et les pressions au niveau des nœuds sont admissibles.

Introduction

L'eau joue un rôle essentiel et indispensable dans la subsistance de tous les organismes vivants, animaux et végétaux, chacun sait que les besoins en eau des populations du globe vont en augmentant avec le progrès industriel, agricole et le confort et le mode de vie des habitants. Cette denrée, parfois rare, est indispensable pour la vie sur terre. Elle est puisée soit:

- Dans le sol à l'aide de puits et de forages (captage souterrain).
- A partir des oueds (captage superficiel).

Dans le cas de notre agglomération la ressource est du type souterrain; elle se fait à partir de forages.

Le mot « forage » signifie l'action de creusement mécanique d'un puits de section circulaire dans l'écorce terrestre. L'objet de ce chapitre est de vérifier le système d'alimentation en eau de la ville et de détecter les défaillances du système de refoulement.

V.1 Etat du forage :

Le centre de Hassania est alimenté par un forage d'exploitation F1 bis, situé à environ 3Km de la ville.

Les caractéristiques de ce forage sont représentées dans le tableau N^o I.9

Tableau V.1 : Etat du forage

Désignation	Date de réalisation	Prif (m)	NS (m)	ND (m)	Q (l/s)	Qexp (l/s)	Type de pompe	Obsvrt
Hassainia F1 bis	2001	150	80	108	16	13	BGN 18B13	En fonction

Forage HAOUCH FIDOU:

Cette électropompe est protégée par un disjoncteur de marque MERLIN GERIN – C161N. Elle a une puissance de 55 kW et un démarrage par résistance statorique, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- RESISTANCES :
 - Marque : RESISTEL
 - Puissance : 55 kW
 - Tension : 380 V
 - Résistance : 0,26 Ω x 3
 - Intensité : 104 A

Comme pièces spéciales, nous avons :

- 01 vanne DN 100,
- 01 clapet,
- 01 compteur défectueux,
- 01 manomètre,
- 01 ventouse DN 60,
- armoire est en bon état.
- Il y a lieu de faire un nettoyage.

- Dans la partie comptage, les connexions doivent être protégées contre les contacts directs.

V.2 Les conduites d'adductions :

Les informations qui sont prés en ce qui concerne les conduites de refoulement du centre de Hassainia sont représentées dans le tableauNV.2

TableauV.2 : les caractéristiques de la conduite d'adduction

désignation	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Matériau	Année de pose
F Hassainia-sp Hassainia	200	3178	acier	Bon état
SP Hassainia- R1000	200	598	Acier	Bon état

Le forage F1 bis refoule de l'eau vers le château d'eau de 500m³ par une conduite en acier remplacée par le PEHD de diamètre de 200mm, sur une longueur d'environ de 3178ml. La deuxième conduite refoule de l'eau du réservoir de 500m³ vers le réservoir de 1000m³ par une conduite en acier de diamètre 200mm sur une longueur de 598ml.

V.3 Etat des stations de pompage :

Des visites ont été effectuées au niveau de la station de pompage par les services techniques de l'APC, les informations suivantes ont été recueillies.

Nombre de pompes : 02 type Aturia 429406

Q : 108m³/h

Hmt : 80m

Collecteur d'aspiration DN 200Acier

Collecteur de refoulement DN 150 Acier équipé d'un compteur

02 Monomètres sur les tubulures de refoulement l'un est cassé

Date de mise en service : 1999

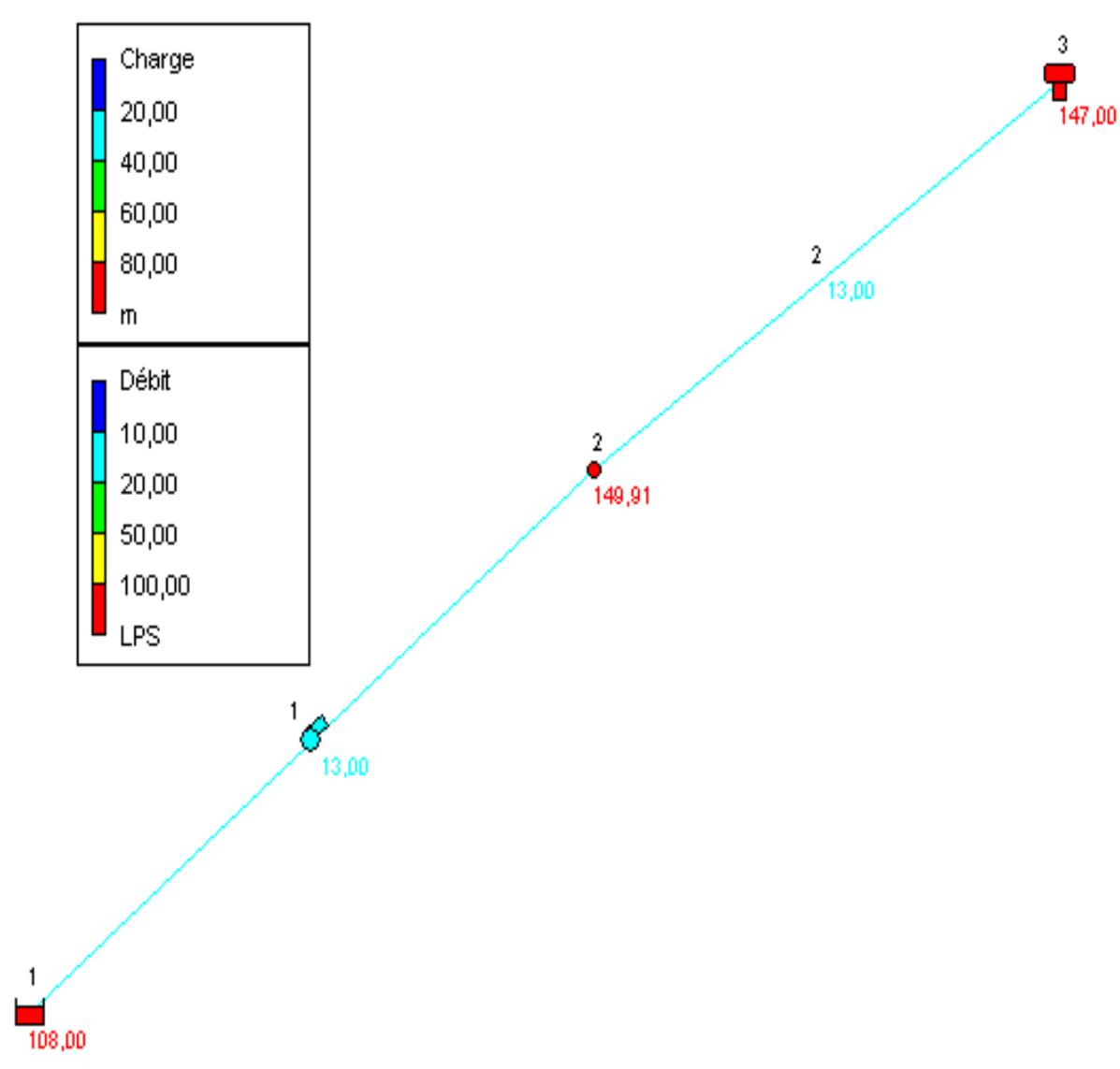
Le javelisateur est au niveau du forage

L'état de la station et des équipements est bon mais un javelisateur doit être installé au niveau de la station par mesure de sécurité.

V.4 Simulation de la conduite de refoulement :

Dans notre cas on a deux conduites de refoulement, une relie le forage et le réservoir de 500m³ d'une longueur 1378m avec une pompe immergée dans le forage de type BGN 18B13.

La simulation est représentée dans les figures suivantes :



FigureV.1 : Débit dans la conduite de refoulement

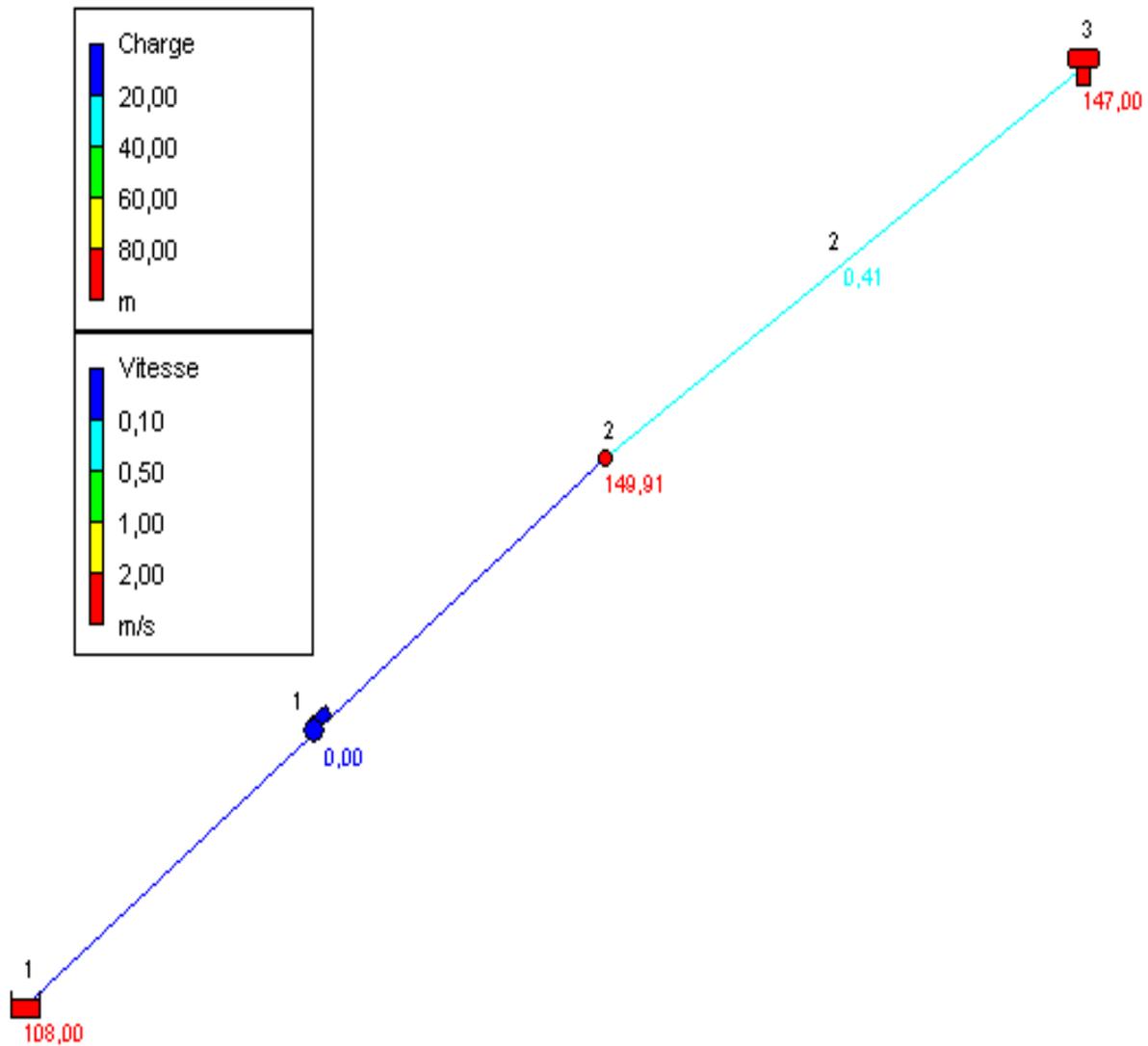


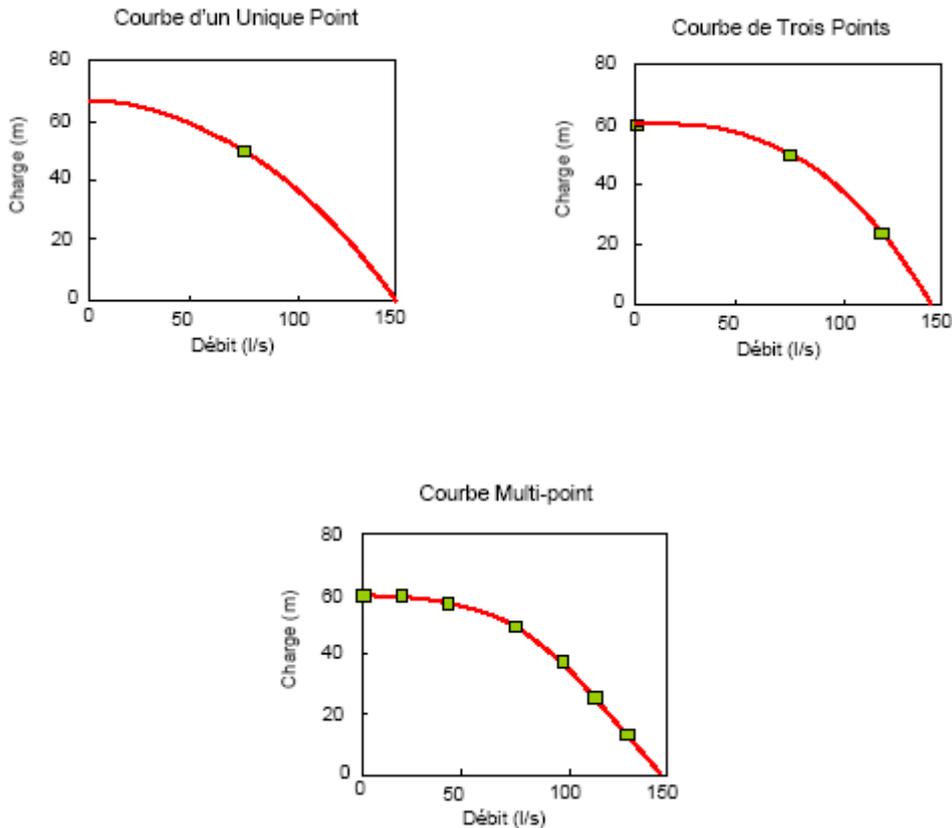
Figure V.2 : vitesse dans la conduite de refoulement

Dans la figure V.1 on a représenté le débit refouler par la pompe qui est de 13L/s, la charge au niveau du réservoir et du forage qui sont respectivement 147m et 108m. La figure V.2 nous montre la vitesse dans la conduite de refoulement qui est de 0,41L/s ainsi que les charges.

V.5 courbes caractéristiques : [5]

La courbe caractéristique d'une pompe représente le rapport entre la charge et le débit qu'une pompe peut fournir à sa vitesse nominale. La charge est le gain de charge que la pompe fournit à chaque unité d'eau, ce qui est approximativement la différence entre la pression à l'entrée et à la sortie de la pompe. Elle est représentée sur l'axe vertical (Y) de la courbe en mètres (pieds). Le débit est représenté sur l'axe horizontal (X) dans les unités de débit correspondant. Pour être valable, la charge de la courbe caractéristique d'une pompe doit diminuer quand le débit augmente.

La forme d'une courbe caractéristique tracée par EPANET dépend du nombre de points introduits



Quelques exemples de courbes caractéristiques

Courbe à partir d'un Unique Point - une courbe caractéristique construite à partir d'un point est définie par la seule combinaison d'une charge hydraulique et d'un débit, qui correspondent au point de fonctionnement de la pompe (les conditions nominales). EPANET suppose que la charge à débit nul est égale à 133 % de la charge nominale, et qu'à charge nulle, le débit est le double du débit nominal. Il traite alors la courbe comme une courbe construite à partir de trois points.

Courbe à partir de trois points - cette courbe caractéristique est définie par trois points de fonctionnement: un point de bas débit (quand le débit est limité ou nul), un point de débit nominal (débit et charge aux conditions nominales), et un point de débit maximal (débit et charge au débit maximal). EPANET cherche la meilleure courbe de tendance qui passe par ces trois points et qui est décrite par la fonction:

$$h_G = A - Bq^C$$

Dans cette fonction, h_G représente le gain de charge, q le débit, et A , B , et C sont des constantes.

Courbe multipoint - une courbe caractéristique multipoint se définit en fournissant deux, quatre ou plus de quatre couples charge - débit. EPANET crée une courbe complète en reliant les points par des segments.

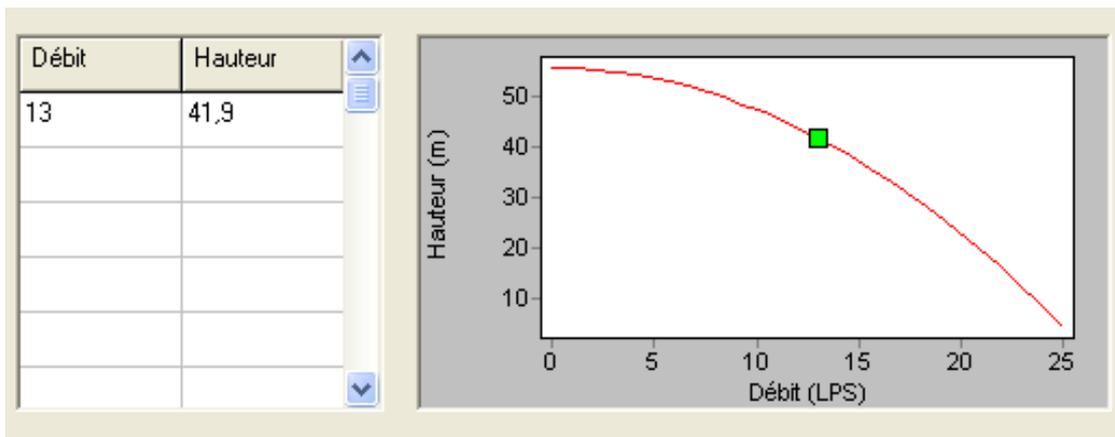
Pour les pompes à vitesse variable, la courbe de pompe se décale quand la vitesse change. Les rapports entre le débit Q et la charge H pour deux points de fonctionnement homologues, aux vitesses N_1 et N_2 sont:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

EPANET arrête la pompe si le réseau exige une charge supérieure à la charge correspondante au premier point de la courbe (par ex. la charge au débit nul). Il faut toujours définir une courbe caractéristique pour une pompe, sauf si elle fonctionne à une puissance constante

Dans notre cas la courbe caractéristique sera construite à partir d'un point unique (d'une charge hydraulique et d'un débit)

La courbe caractéristique de la pompe est représentée dans la figureV.3.



FigureV.3 : courbe caractéristique de la pompe immergée.

Conclusion :

Après une simulation à l'aide de logiciel on a déterminé la hauteur manométrique de la pompe immergée qu'est égale à 41,9m.

Le forage qui existe actuellement ne suffit pas pour les besoins de l'agglomération d'où il est nécessaire de prévoir d'autre source.

Introduction :

Dans l'exploitation des systèmes hydrauliques (alimentation en eau potable) les ingénieurs sont confrontés au problème récurrent de la corrosion et du coup de bélier, qui nuit au bon fonctionnement de ces systèmes. Dans cette optique, la protection des conduites doit être envisagée pour lutter contre ces deux phénomènes.

VI.1 La corrosion : [6] [a]

VI.1.1 Généralité :

La corrosion est définie comme étant l'attaque du métal, due à des phénomènes extérieurs et intérieurs, qui sont en liaison soit avec la nature du sol soit avec les installations électriques, situées au voisinage du réseau soit aussi avec la nature de l'eau transportée.

Toute fois, dans le domaine qui nous concerne, la corrosion est liée directement au phénomène électrochimique, s'agissant d'un échange d'électron en présence d'autre électrolyse. D'où il y a dissolution du métal.

En général, ce phénomène peut endommager la conduite par perforation, c'est pourquoi nous sommes appelés à attacher, une grande importance à cette corrosion et plus particulièrement les conduites en acier, lesquels ordinairement sont plus vulnérables, pour cela nous allons considérer la protection externe et interne des conduites d'adduction et de distribution.

VI.1.2 Les facteurs de la corrosion :

La corrosion peut être causée par plusieurs facteurs parmi lesquels, nous avons :

❖ L'eau :

Les eaux distribuées ne sont jamais dans des conditions d'équilibre parfait. Les eaux sont soit agressives, soit incrustantes.

Si les eaux sont agressives, de défauts ou malfaçons du revêtement intérieur, peuvent favoriser la localisation et l'accélération des phénomènes de corrosion.

La nature des ressources en eau peut se changer et, une eau précédemment incrustante peut devenir agressive, c'est-à-dire qu'après dissolution de la couche calcaire précédemment formée, la corrosion intérieure se généralisera si, aucune mesure de protection n'a été préalablement prise.

Le lecteur trouvera les moyens de rectifier la qualité de l'eau, pour éviter ces inconvénients. Enfin, les conduites peuvent être agressées par corrosion interne due à des phénomènes électrochimiques locaux, entraînant à des endroits donnés, une diminution rapide de l'épaisseur des conduites.

❖ Le PH :

Le PH est un facteur qui agit considérablement sur les métaux, il est très corrosif envers l'acier si, sa valeur est inférieure à 10, donc nous avons intérêt à augmenter le PH de l'eau circulant dans les canalisations (en acier surtout) tout en veillant sur son oxydation, à fin de diminuer la corrosion.

❖ La température

Les fortes variations de la température entraînent l'accélération de la corrosion. On admet donc, pour une variation de 30°C, le taux de corrosion est multiplié par deux.

❖ Le métal

Parmi les métaux, l'acier qui est le plus vulnérable à la corrosion par rapport aux autres. Il est conseillé de mettre un enduit spécial à la conduite en acier, à sa partie intérieure.

❖ La vitesse de l'eau.

L'excès de vitesse de l'eau dans les conduites, peut contribuer à la destruction du précipité calcaire protecteur, il provoque une détérioration des canalisations.

❖ L'homme

L'homme aussi a sa part à la détérioration des canalisations, en effet, il intervient :

- Dans la qualité de la conduite et le choix de remblai.
- La mauvaise installation des joints qui perturbe la circulation de l'eau.

❖ Hétérogénéité du terrain

La traversée des terrains des natures différentes par une conduite, peut être influencée sur la corrosion de cette dernière. Ceci induit à des différents électrolytes ; et la différence de potentiel du métal par rapport à cet électrolyte va varier. D'où la corrosion de la conduite va se déclencher.

❖ Hétérogénéité du métal

L'assemblage des métaux des natures différentes peut aussi encourager la corrosion. Etant donné que la différence de potentiel de ces métaux est différente, il peut s'établir par conséquent, une circulation d'électrons à l'intérieur de métaux surtout au niveau de leur liaison, le courant électrique ainsi établi, sort du métal en direction d'électrolyte et le métal se corrode.

VI.1.3 La corrosion interne : [a] [b]



Liée à la qualité de l'eau et à ses différentes caractéristiques la corrosion interne peut provenir:

- du pH, du taux d'oxygène dissous, de l'écart par rapport à l'équilibre calcocarbonique ;
- de l'oxydation d'ions ferreux en ions ferriques principalement avec une eau douce, acide ou désaérée. Une coloration noire de l'eau est liée à la présence de manganèse. Ce phénomène, qui génère une eau rouge et des dépôts, est fréquemment constaté sur les conduites en fonte grise et en acier non revêtues.

- □□ du développement d'un biofilm bactérien sur les parois affectant inévitablement tous

les types de conduites.

De plus, la corrosion des conduites et la formation de dépôts sont favorisées :

- par une stagnation de l'eau dans le réseau, notamment dans les conduites en antenne, les zones soumises aux variations saisonnières importantes de population et les canalisations surdimensionnées

- □□ par une turbidité et des concentrations en ions métalliques élevées.

Des risques de contamination sont à craindre lorsque le biofilm se développe ou lorsqu'une plus forte consommation de chlore est enregistrée.

Ces phénomènes de corrosion interne peuvent entraîner une diminution du diamètre intérieur de la paroi liée à l'existence de dépôts et une fragilisation de la structure interne de la canalisation.

VI.1.4 Corrosion externe : [a] [b]



La corrosion externe correspond à un échange d'ions entre le sol et la paroi de la conduite, avec des origines diverses telles que :

- les courants « vagabonds » du sol, générés par la proximité d'installations électriques en courant continu (voies de chemin de fer, tramways, ouvrages miniers,...), augmentent les risques de corrosion des canalisations métalliques qui sont d'excellents conducteurs. En l'absence de protection, le phénomène de corrosion externe est accéléré ;
- l'hétérogénéité du sol : plus la texture du sol est fine, plus il retient l'eau et plus la corrosion est importante. L'évaluation de la corrosivité du milieu ambiant est définie

sous la norme AFNOR NF 250 « Evaluation de la corrosivité des sols vis-à-vis des canalisations en matériaux ferreux » ;

- l'hétérogénéité de surface : lors de mauvaises conditions de pose des canalisations, une partie de la pellicule superficielle d'oxyde peut être enlevée, entraînant une discontinuité et la création d'un phénomène de pile électrique;

- l'hétérogénéité de contact : la présence de différents métaux, soit au niveau des raccordements de canalisation, soit au niveau des colliers et des vannes des branchements peut aussi générer des phénomènes de pile électrique.

En outre, le phénomène de corrosion peut interagir avec d'autres faits gênants - l'entartrage, la prolifération et fixation bactérienne dans les réseaux - qui aggravent souvent l'attaque des matériaux.

VI.1.5 Protection des conduites contre la corrosion [7]

VI.1.5.1 Corrosion externe :

Si une protection appropriée n'est pas envisagée la tuyauterie peut se détruire du fait des perforations en forme de caractère ou attaque sous forme de couche de rouille.

La conduite peut être protégée comme suite :

- Revêtir convenablement les tuyaux d'une enveloppe isolante (mélange de bitume et de soie de verre imprégnée)
- assurer au droit des joints une parfaite continuité de l'enrobage.
- poser la conduite de façon à éviter la détérioration de cette protection.
- Eviter la formation des pile géologique.

VI.1.5.1.1 Protection cathodique :

La mesure de la résistivité permet de se prononcer sur l'agression du sol et de l'eau sur la conduite, cette protection s'impose dès que la résistivité moyenne du sol est inférieure à 50Ω/m

Principe de protection cathodique :

Former avec un métal plus électro-négatif que le fer, une pile où le fer jouera le rôle de la cathode, ou bien :

- Relier la conduite d'une part à la source d'énergie électrique extérieure, et d'autre part à une anode enterrée dans le sol destinée à se corroder

VI.1.5.1.2 protection cathodique par anode réactive ou consommable :

Elle consiste à relier de place en place, la conduite à une pièce de métal plus électro-négatif que le fer, de manière à former des piles où la conduite formera le rôle de la cathode.

Les anodes réactives sont de 15 à 30Kg que l'on enfouit dans le sol à 3m de la conduite. Elles sont disposées dans les terrains agressifs. Pour vérifier le potentiel, on dispose de borne de contrôle.

Le nombre d'anode à prévoir est :

$$n = \frac{S \cdot i}{I}$$

S : surface de la canalisation à protéger (m²)

i : densité du courant de protection.

I : densité du courant de l'anode (m.A) = 250mA

VI.1.5.1.3 protection cathodique par soutirage du courant :

Elle consiste à partir d'une source de courant continu, à relier la conduite à la borne négative de cette source. La borne positive est reliée à une prise de terre formée de vieux rails enfouis dans un milieu humide distant de 100m de la conduite. Les vieux rails se dissolvent anodiquement quand le courant quitte la prise de terre afin de rejoindre le pôle négatif de la source électrique en passant par la conduite. En présence de courants vagabonds cette méthode protège bien les conduites.

VI.1.5.2 corrosion interne des conduites :

Elle est due à l'agressivité de certaines eaux. Les eaux fortement minéralisées provenant des dépôts sur les parois de la conduite, surtout quand la vitesse d'écoulement est faible, il en résulte des perforations, pour pallier à ce phénomène, il faut :

- Eviter les faibles vitesses d'écoulement.
- Revêtir soigneusement les conduites intérieurement.
- Chasser l'air aux points hauts de la canalisation.
- La pose doit se faire avec soin

VI.2 Le coup de bélier : [8]

VI.2.1 Généralité

Le coup de bélier étant un cas particulier du régime transitoire, est un phénomène oscillatoire qui se manifeste dans les conduites en charge à écoulement gravitaire ou par refoulement.

On entend aussi sous le terme « coup de bélier » un écoulement non permanent du liquide accompagné des variations pratiquement sensibles de la pression qui peuvent engendrer d'énormes dommages matériels et quelques fois des pertes de vie humaines.

Le coup de bélier est un phénomène oscillatoire dont les causes les plus fréquentes sont les suivantes :

1. L'ouverture ou la fermeture des vannes dans les conduites en charge à écoulement gravitaire.
2. La mise en marche ou l'arrêt des pompes dans les conduites en charge par refoulement.
3. Le remplissage ou la vidange d'un système d'AEP.

4. Modification de la vitesse d'une pompe.
5. Variation d'un plan d'eau.
6. La disparition de l'alimentation électrique dans une station de pompage qui est la cause la plus répandue du coup de bélier.

Le coup de bélier, dont la brutalité est susceptible d'entraîner des ruptures de tuyaux, peut atteindre des valeurs très élevées pouvant être égale à plusieurs fois la pression de service sur les réseaux à basse pression.

Il est donc de toute première importance d'étudier des moyens propres à limiter ses effets puisqu'il en résultera une économie dans la construction des tuyaux, lesquels sont calculés notamment, pour résister à une pression intérieure donnée.

Les risques dus aux coups de bélier sont de plusieurs ordres :

VI.2.2 Les risques dus aux coups de bélier

- **Risque de forte pression** : les coups de bélier provoquent des surpressions qui s'ajoutent à la pression initiale. Si la somme (pression initiale) plus (surpression) est supérieure à la pression maximale admissible des tuyaux, il y a des risques de rupture des tuyaux et de déboîtement des joints.
- **Risque de pression négative** : une autre conséquence des coups de bélier peut être l'apparition d'une pression relative négative. Si cette pression devient inférieure à -10mCE , il se produit une poche de cavitation. Si le profil en long de la canalisation est défavorable, c'est à dire si la poche de vapeur peut se former sur une grande distance, la canalisation peut être aplatie par implosion et les joints peuvent être aspirés.

Une autre conséquence de la cavitation est la détérioration de l'enduit intérieur du tuyau, mais le risque le plus grave est celui d'éclatement de la conduite lors du retour à des pressions positives: les pressions obtenues à ce moment sont en effet souvent très importantes.

- **Fatigue du tuyau** : comme autre conséquence des coups de bélier, on peut citer la fatigue qu'entraîne pour le matériau une alternance rapide de fortes et de faibles pressions même si chaque onde de surpression n'est pas suffisante en elle-même pour créer la rupture.

VI.2.3 Interprétation physique du coup de bélier [9]

1^{ère} phase

L'eau poursuit son ascension, mais la conduite n'est plus alimentée, il va donc se produire à partir de la pompe une dépression ; de tranche en tranche l'eau se déprime et la conduite se contracte successivement par diminution élastique de son diamètre. L'onde de dépression se propage jusqu'au réservoir à la vitesse a . Le temps mis par cette onde pour l'atteindre est L/a

2^{ème} phase

La conduite étant déformée dans les limites élastiques, elle reprend son diamètre initial. A partir du réservoir, les tranches successives de conduite se décontractent si bien que l'eau redescend dans la conduite et au bout du temps L/a (c'est-à-dire $2L/a$ depuis l'origine), toute l'eau est redescendue mais se retrouver arrêtée par le clapet de protection de la pompe qui bien sûr s'est fermé.

3^{ème} phase

La première tranche de fluide en contact avec le clapet va être comprimée par les tranches suivantes provoquant une dilatation de la conduite. Une onde de pression va parcourir la conduite dans le sens pompe - réservoir. Au bout du temps L/a (c'est-à-dire $3L/a$ depuis l'origine), toute la conduite est dilatée avec l'eau immobile et sous pression.

4^{ème} phase

L'élasticité permet à la conduite de reprendre, de proche en proche du réservoir à la pompe, son diamètre initial. Au bout du temps (c'est-à-dire $4L/a$ depuis l'origine), nous nous trouvons dans la même situation qu'au moment de la disjonction du moteur de la pompe.

Le phénomène se reproduirait indéfiniment s'il n'était pas amorti par les pertes de charge régulières.

VI.2.4 Moyen de protection contre le coup de bélier. [1]

Les moyens et les équipements de protection contre le coup de bélier sont très variés. Ils sont choisis en fonction de la disposition de l'installation et des caractères géométriques de cette dernière.

Ces moyens peuvent protéger la conduite, des dépressions et des surpressions maximales, que nous citerons quelques uns:

Vanne à fermeture lente

Cette solution ne permet de protéger que les adductions gravitaires, car elle ne remédie en aucun cas, à l'arrêt intempestif d'une pompe. Il s'agit en fait davantage, de limiter l'intensité du coup de bélier qui se produira.

Soupape de décharge.

La soupape de décharge est définie comme étant un appareil anti-bélier qui écrête les surpressions en dérivant un certain débit à l'extérieur de la conduite dès que la pression dépasse une certaine valeur de réglage, estimée généralement à $1,04 \div 1,1$ de la pression maximale admissible. Ces appareils font intervenir un organe mécanique, un ressort à boudin généralement, qui par sa compression obture en exploitation normale, un orifice placé sur la conduite au point à protéger, c'est à dire où la compression à craindre est maximale. L'ouverture doit pouvoir s'effectuer très rapidement pour que l'opération soit efficace. Il importe donc de réduire à l'extrême l'inertie de ces appareils et c'est sur ce point que les efforts de constructeurs ont particulièrement porté.

Cheminée d'équilibre :

La cheminée d'équilibre est une réserve d'eau en contact permanent avec la conduite et dont la surface libre traduit exactement les variations de pression du fluide.

La cheminée doit donc avoir une section assez large pour combler la dépression sans se vider complètement et doit être assez haute pour ne pas déborder lorsqu'une surpression fait monter son niveau. La présence d'une cheminée modifie le mouvement transitoire engendré par une disjonction. Au lieu d'un mouvement oscillatoire de période

$\frac{4L}{a}$ caractéristique du coup de bélier d'onde, s'instaure un mouvement oscillatoire de période plus grande, l'oscillation en masse.

On place la cheminée d'équilibre dans une galerie d'amenée en charge et dans une conduite forcée afin de :

- Réduire la valeur des surpressions produites par le coup de bélier dans la conduite forcée.
- Diminuer les surpressions dues au coup de bélier dans la galerie d'amenée.
- Amortir les oscillations importantes.

Assurer l'alimentation de la veine liquide, en diminuant les dépressions engendrées par l'arrêt du moteur actionnant la pompe

Volant d'inertie :

Le volant d'inertie est un dispositif permettant d'augmenter le temps d'arrêt de la pompe, grâce à l'énergie qu'il accumule pendant la marche normale.

Lorsque la pompe cesse d'être alimentée en énergie, elle continue à fonctionner par l'énergie cinétique de sa roue (généralement très faible) et de celle de l'eau, qui le plus souvent ne suffit pas pour assurer l'écoulement pendant un temps suffisant. Le volant d'inertie est donc un moyen de mettre progressivement en réserve, lors du démarrage de l'installation, une quantité d'énergie supplémentaire, sous forme cinétique, celle-ci est ensuite rendue à l'eau à travers la pompe au ralentissement progressif du volant et de celle-ci.

Réservoir d'air

Le réservoir d'air est fréquemment utilisé si la topographie des lieux, combinée à une grande hauteur géométrique, et qui interdit l'implantation près de la pompe d'une cheminée, comportant un niveau libre à la pression atmosphérique. C'est un moyen permettant de protéger la conduite contre les dépressions et les surpressions.

Tableau récapitulatif

Appareils	Avantages	Inconvénients	Observations
Soupape de décharge	<ul style="list-style-type: none"> - Coût limité - Entretien et réglage facile - Ne consomme pas d'énergie - Indépendant d'une installation électrique 	<p>Nécessite un entretien et un contrôle attentifs (ressort).</p> <p>Pertes considérables d'eau pendant le fonctionnement</p>	Utilisé comme protection contre la surpression
Cheminée d'équilibre	<ul style="list-style-type: none"> - Bon fonctionnement (ne comporte pas d'organes mécaniques susceptibles de fonctionnement défectueux). - Importante durée de vie ; - Indépendante d'une installation électrique ; - Pas de pertes d'eau 	<p>Possibilités d'installation limitées.</p> <p>Ouvrage coûteux (hauteur généralement très développée).</p>	Utilisé comme protection et pour la dépression et pour la surpression
Réservoir d'air	<ul style="list-style-type: none"> - Bon fonctionnement ; - Bonne sécurité ; - Pas de pertes d'eau 	<p>Entretien et réglage compliqués qui exige du personnel qualifié.</p> <p>Coût élevé.</p>	Utilisé comme protection contre la dépression et la surpression
Volant d'inertie	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositif économique - Intéressant sur les installations qui ne s'arrêtent pas trop souvent. 	<p>Consommation d'énergie supplémentaire.</p> <p>Protection limitée par la puissance du moteur et les caractéristiques de démarrage.</p> <p>Inapproprié dans les stations à forte fréquence de démarrage.</p>	Utilisé comme protection contre les dépressions

Parmi tout ces anti béliers, on a remarqué que le réservoir d'air à anti béliers est le meilleur anti béliers en ligne, grâce à quelques avantages qu'il présente :

- Intervient dans la protection contre la dépression et la surpression.
- Simple à l'installer et facilement contrôler.

- Choisi, pour les moyennes et grandes hauteurs de refoulement.

VI.2.5 Principe de fonctionnement du réservoir anti-bélier

En fonctionnement normal la pression de la conduite s'équilibre avec celle de l'air dans le réservoir. A la fermeture brusque d'une vanne ou à l'occasion d'une disjonction électrique, il se crée alternativement une surpression et une dépression.

Au moment de dépression, la pression de l'air dans le réservoir chasse l'eau vers la conduite pour combler cette baisse de pression. Quand la vitesse devient nulle, l'onde revient en arrière, et la conduite reprend progressivement, par élasticité sa forme normale.

La première tranche arrêtée par le clapet, qui se trouve en principe fermé, sera comprimée par les tranches suivantes. Il se crée une surpression qui progresse du clapet vers le réservoir. Et le mouvement reprend encore.

Au moyen d'une tuyère (ou d'une diaphragme) disposé sur le tuyau de raccordement conduite- réservoir d'air, l'énergie de l'eau est dissipée par perte de charge et l'on obtient un amortissement par compression de l'air dans le réservoir.

En conséquence, il convient de bien dimensionner le réservoir d'air en fonction des caractéristiques hydraulique et technique de l'installation, tout en évitant les dépenses inutiles par un sur dimensionnement.

VI.2.6 Dimensionnement du réservoir d'air par la méthode de Bergeron [10]

Cette méthode a été mise au point à-peu-près simultanément par le Suisse OTHMAR SCHNYDER en 1929 et le français LOUIS BERGERON en 1931. Elle est connue en France sous le nom d'épure de BERGERON.

La méthode graphique est exactement une traduction graphique des équations aux caractéristiques établies précédemment et permet de résoudre tous les problèmes, aussi complexes soient-ils, mais c'est alors au prix d'un travail long et délicat.

Toutefois, cette méthode, qui a rendu de très grands services, reste encore très intéressante du point de vue de la compréhension physique du phénomène.

Les hypothèses simplificatrices introduites dans le calcul simplifié d'un réservoir d'air ne peuvent s'appliquer pour des installations très importantes.

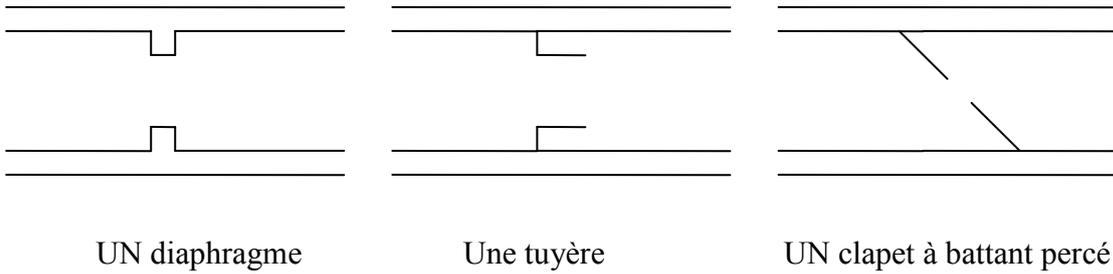
D'ailleurs, on arriverait rapidement à des volumes du réservoir énormes. Il y a donc lieu de tenir compte de la réalité du phénomène et de sa propagation ondulatoire.

Par ailleurs, le fait de raccorder la cloche à air sur le refoulement sans interposer d'organe de freinage entraînerait une succession d'oscillations qui ne seraient pas, ou que très peu amorties (le seul amortissement ne venant que des pertes de charge dans la conduite).

Il sera donc nécessaire de disposer à la cloche un étranglement qui amortira rapidement les oscillations et permettra aussi de réduire le volume de la cloche.

Comme étranglement, on distingue :

- Un diaphragme,
- Une tuyère,
- Un clapet à battant percé.



VI.2.6.1 Calcul de la célérité d'onde :

$$C = \left[\frac{\rho}{k_e} \left(1 + K_e \frac{2a(1-\nu_m^2)G}{(1+\nu_m)aE_c + E_m e_m G} \right) \right]^{-1/2} \quad (\text{III.1})$$

D'où :

$$G = \frac{E_c(1-\nu_c)(1-\nu_s)(b^2 + a^2(1-2\nu_c)) + E_s(1-\nu_c)^2(1-2\nu_c)(b^2 - a^2)}{E_c(b^2 - a^2)(1-\nu_m)(1-\nu_s) + E_s(1-\nu_c)(1-\nu_m)(a^2 + b^2(1-2\nu_c))} \quad (\text{III.2})$$

Dans les quelles :

- a : Célérité de propagation d'onde (en m/s).
- ρ : masse volumique du liquide (en kg/m^3).
- K : module d'élasticité du liquide (en Pa).
- r : rayon intérieur du revêtement en béton, ainsi que de la conduite (en m).
- R : rayon intérieur du revêtement en béton (en m).
- ν_s, ν_c, ν_m : respectivement coefficient de Poisson du sol, du revêtement en béton et du matériau constituant la tôle (en Pa).
- E_s, E_c, E_m : respectivement module d'élasticité du sol, du revêtement en béton et du matériau constituant la tôle (en Pa).
- e_m : épaisseur de la conduite (la tôle).

L'expression (III.18) est générale, elle permet de déterminer la célérité de l'onde dans les conditions enterrées et les galeries rocheuses.

Il y a deux cas qui peuvent se présenter :

- Dans le cas d'une conduite simple enterrée et à paroi mince, il suffit de faire tendre b vers a dans l'expression précédente :

$$C = \left[\frac{\rho}{k_e} \left(1 + k_e \frac{2a(1-\nu_m^2)(1-\nu_s)}{(1-\nu_m^2).a.E_s + E_m.e_m(1-\nu_s)} \right) \right]^{-1/2} \quad (\text{III.3})$$

Avec :

- E_s, E_c : module de YOUNG du sol et du béton (Pa),
- E_m : module de YOUNG du blindage (Pa),
- ν_s, ν_c, ν_m : coefficients de POISSON du sol, de l'anneau en béton et du métal,
- e_m : épaisseur du blindage (m),
- k_e : module d'élasticité de l'eau [Pa],
- ρ : masse volumique de l'eau [kg/m^3],
- a : rayon de la conduite (m).

Dans le cas d'une conduite en PVC, il suffit de remplacer les caractéristiques du métal par celles du PVC dans l'expression (III.3).

$E_c=0, \nu_c=0$ et $a=b$ en remplace dans les expressions (II.1) et (II.1), et on aboutit à :

$$a = \frac{\sqrt{\frac{K_e}{\rho}}}{\sqrt{1 + K_e \frac{2r(1-\nu_m^2)(1-\nu_s)}{(1-\nu_m^2)r.E_s + E_m.e_m(1-\nu_s)}}}$$

$$Q = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 3178 \text{ m}$$

$$D = 200 \text{ mm}$$

$$V_0 = 0,41 \text{ m/s}$$

$$\nu_m = \nu_{\text{PEHD}} = 0,30, \nu_s = 0,33, E_m = E_{\text{PEHD}} = 7 \cdot 10^9 \text{ Pa (PEHD)}, E_s = 200 \text{ M.pa}, e_{\text{PEHD}} = 0,0119 \text{ m}$$

$$a = 652,29 \text{ m/s}$$

VI.2.6.2 Calcul des pertes de charge :

L'eau rentre dans la conduite

$$\Delta H_1 = \frac{D^4}{2g} \left(\frac{1}{(0,92d)^2} - \frac{1}{Dt^2} \right)^2 V_0^2$$

Avec :

d : diamètre de la tuyère ($d = 80 \text{ mm}$)

Dt : diamètre de la tubulure ($Dt = 150 \text{ mm}$)

D : diamètre de la conduite (D = 200mm)

$$\Delta H_1 = 1,60 V_0^2$$

L'eau rentre dans le réservoir :

$$\Delta H_2 = \frac{D^4}{2g} \left(\frac{4}{d^2} - \frac{1}{Dt^2} \right)^2 V_0^2$$

$$\Delta H_2 = 27,49 V_0^2$$

Calcul des pertes de charge totale dans la conduite :

$$\Delta H = \frac{\lambda}{D} L e \frac{V_0^2}{2g}$$

$$\lambda = \left(1,14 - 0,86 \ln \frac{\varepsilon}{D} \right)^{-2} \quad \text{avec } \varepsilon = 0,1 \text{ mm}$$

$$\lambda = 0,017$$

$$\Delta H = 15,83 V_0^2$$

Pression réelle dans le réservoir d'air à l'arrêt

$$Z_0 = (Hg + 10)$$

Z_0 : pression réelle dans l'anti bélier

$$Z'_0 = 45 \text{ m}$$

La pression dans la conduite au droit du clapet (pompe) :

$$Z_0 = Z'_0 + 13,77 V_0^2$$

$$Z_0 = 45 + 1315,83 (0,41)^2$$

$$Z_0 = 47,66 \text{ m}$$

La pression dans le réservoir d'air

$$Z = \frac{(Z_0 + \Delta H_0) V_0^{1,4}}{V^{1,4}}$$

$$Z = \frac{2,45}{V^{1,4}}$$

IV.2.7 L'épure de Bergeron

Sur la diagramme $Z = f(v)$ (figure VI.1), on mène une horizontale $Z = 45 \text{ m}$ correspond au régime normal et sur la quelle on fixe la vitesse initiale $V_0 = 0,41 \text{ m/s}$.

La pente de la droite est : $\frac{aV_0}{g} = 27,26m$

Pour tracer l'épure on doit tenir compte des échelles horizontale (V) et verticale (Z)

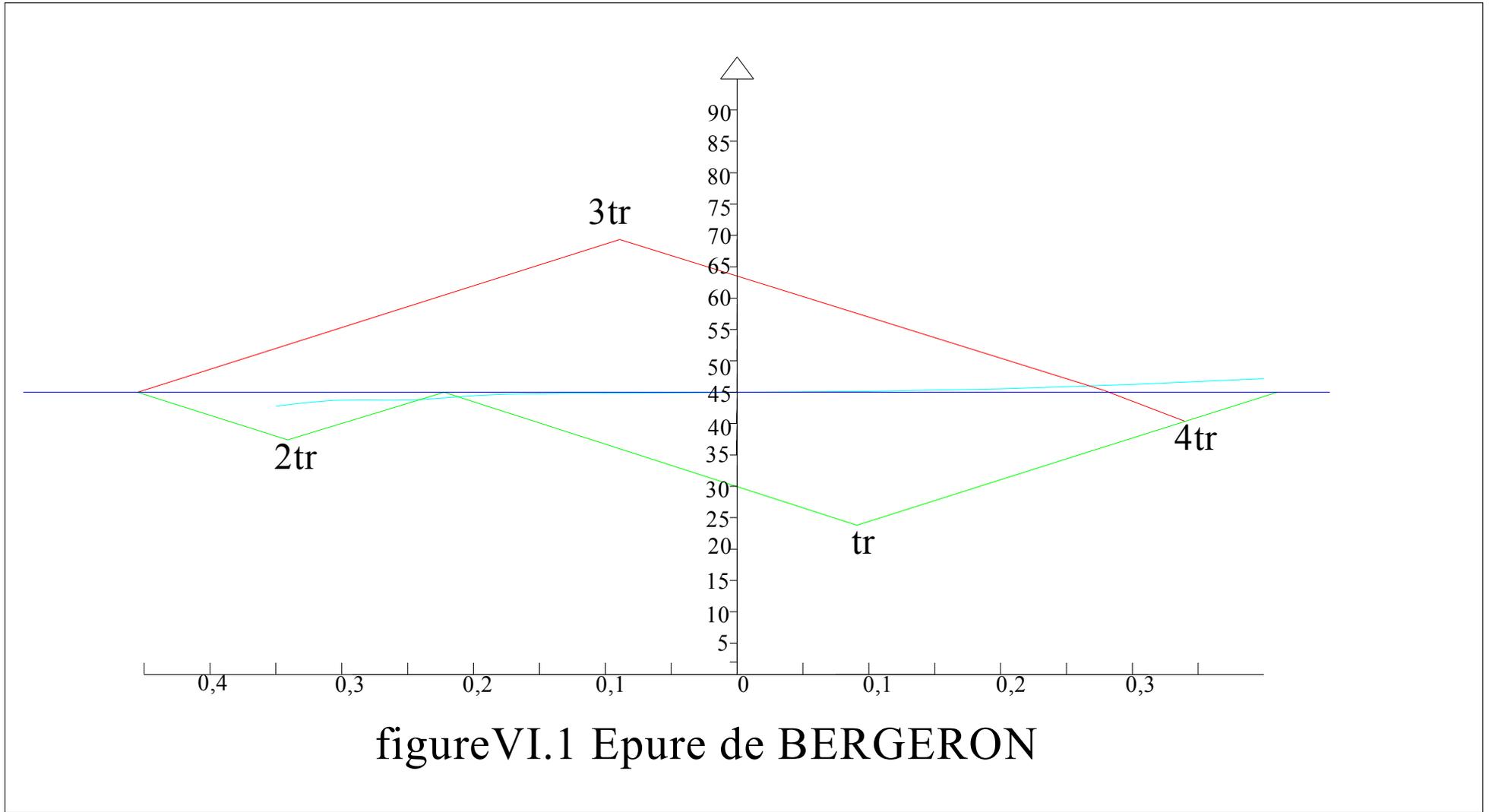
Échelle horizontale : 1m →

Échelle Verticale : 1m →

Les calculs sont portés dans le tableau IV.1

Tableau VI.1 : détermination du volume d'air

variation du volume d'air $\Delta V = A \cdot tr \cdot V_{mi}$ $\Delta V = 0,306 V_{mi}$	volume d'air V	Pression dans le réservoir d'air $Z = (2,45)/V^{1,4}$	P.D.C dans la tuyère		Pression dans la conduite avec P d c	Perte de charge dans la conduite	Pression dans la conduite sans perte de charge	Vitesse lue sur le graphe Vif	Vm m/s	Vchoisie m/s	tr min
			montée: $\Delta H1 = 1,60 V0^2$	Descente: $\Delta H2 = 27,49 V0^2$							
-	0,12	8,536280647	-		8,536280647	2,661023	5,875257647	0,41	-	-	0
0,076347	0,196347	23,92941636	0,0126736		23,91674276	0,12538943	23,79135333	0,09	0,2495	0,089	tr
-0,03825	0,158097	32,40955021	3,177844		35,58739421	1,829948	37,41734221	-0,3409	-0,125	-0,34	2tr
-0,0659277	0,0921693	68,98350862	0,222669		69,20617762	0,128223	69,33440062	-0,089	-0,21545	-0,09	3tr
0,038403	0,1305723	42,3618198	0,18496		42,1768598	1,829948	40,3469118	0,34	0,1255	0,34	4tr



figureVI.1 Epure de BERGERON

L'analyse du tableau, nous permet des déductions suivantes :

Pendant la phase de dépression, le volume d'air passe de $0,12\text{m}^3$ à $0,196\text{m}^3$. À la fin de la dépression la charge est de 23,42m.

Soit une dépression de 18m

Pendant la phase de surpression, la charge passe à 69,33m

Soit une surpression de : 28,98m

On prend un volume total de 250litres car il doit rester de l'eau à la fin de la dépression, tenant compte du fait que le volume maximale de l'air est de 196litres.

Conclusion :

Pour que le réseau de distribution et les conduites de refoulement soient bien protégés, il faut lutter contre deux phénomènes dangereux qui sont ; la corrosion et le coup de bélier. Le réservoir anti- bélier doit être bien dimensionné pour limiter le risque du coup de bélier sur les conduites de refoulement et éviter leur fissuration. Ces dernières doivent être dimensionnées en tenant compte de la valeur majoré du coup de bélier. Nous pouvons dire qu'il est essentiel qu'un concepteur du réseau et d'adduction prenne en compte les considérations des coups de bélier à toutes les étapes du design d'un système hydraulique, on évite de nombreux ennuis et des coûts importants.

Introduction :

La gestion d'alimentation en eau potable nécessite d'accomplir avec exactitude un ensemble de tâches. L'objectif est d'assurer le bon fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable et de garantir à chaque usager une desserte en continue et en toute circonstance, dans les bonnes conditions de qualité, de pression.

Dans cette optique d'assurer la gestion technique et économique des systèmes d'alimentation en eau potable, la notion de gestion, maintenance, et exploitation, et les opérations d'entretiens et de contrôles à effectuer sur les ouvrages et les installations du système d'alimentation en eau potable seront élaborés dans ce qui suit.

VII.1 La gestion des forages : [11]

Pour exploiter correctement un captage d'eau souterraine, on doit impérativement considérer que le captage et le pompage sont indissociablement liés. On ne serait en aucun cas de gérer l'un sans l'autre. Trois conditions essentielles pour assurer la gestion de cet ensemble particulier que constituent le captage et son pompage.

VII.1.1 adapter la pompe au captage :

Il est fondamental que l'ouvrage soit équipé en fonction de ses caractéristiques propres, identifiées à la vue des résultats des pompages d'essai, et non en fonction des besoins à couvrir qui se réalisent après le nettoyage, ou le développement d'un ouvrage. La surexploitation d'un captage entraînera inévitablement des phénomènes graves d'ensablement, de corrosion, de colmatage, etc. Il convient soit de réaliser d'autres ouvrages d'appoint dont on pourra fixer les consignes d'exploitation qu'après avoir réalisé des essais, soit d'augmenter les capacités de stockage par la création du réservoir.

La pompe est un élément essentiel du captage. Elle doit être dimensionnée en fonction de nombreux critères :

- caractéristiques du réseau d'exhaure (forage directement connecté au réseau après une simple chloration, au forage alimentant en eau brute une installation de traitement) ;
- équipement de l'ouvrage, position des crépines, localisation de la chambre de pompage, diamètre des équipements, etc.
- caractéristiques hydrogéologiques locales, position du niveau piézométrique, du niveau dynamique, du régime de pompage prévisible ;
- NPSH de la pompe, en particulier pour les ouvrages dont le niveau dynamique est très bas (aquifère peu épais, risque de vortex) ;
- Risque d'interférence avec d'autres forages au sein d'un champ captant ;
- Position géographique du captage par rapport aux unités de traitement, l'installation de limiteurs de débit permet notamment de minimiser les oscillations du niveau de la nappe en exploitation.

Le pompage d'essai permet de déterminer :

- Les caractéristiques de complexe aquifère/ouvrage, avec la courbe caractéristique

$$S = f(Q)$$

Tel que :

S : est le rabattement (m)

Q : le débit (m^3/s)

- Les paramètres hydrodynamiques, S et T, calculés d'après les pompages d'essai de longue durée

S : coefficient d'emmagasinement

T : transmissivités.

- les conditions d'exploitation de l'ouvrage.
- L'évolution des rabattement en fonction du débit et du temps pour une exploitation de longue durée.

VI.1.2 la connaissance des paramètres patrimoniaux :

La connaissance des données patrimoniales est un élément essentiel pour une bonne gestion. Les paramètres d'exploitation de l'ouvrage doivent absolument être mis à la disposition des exploitants. Des sorties sur papier permettent de disposer de toutes les variables de l'ensemble des forages au sein de chaque champ captant. Ces données regroupent notamment :

- La coupe technique de l'ouvrage,
- Les principales caractéristiques physico-chimiques de l'eau,
- La position du niveau statique et du niveau dynamique à différents débits (courbe caractéristique),
- Le débit spécifique de l'ouvrage,
- La position de la pompe et ses caractéristiques,
- Le débit d'exploitation maximum à ne pas dépasser, etc.

Un exploitant ne peut pas gérer correctement ces captages sans avoir connaissances de ces informations patrimoniales. A défaut de cette information de base, aucune surveillance n'est possible et par suite, aucun entretien préventif.

VII.1.3 Les équipements techniques :

Pour juger de bon fonctionnement d'un captage d'eau souterraine et déceler une anomalie, il est nécessaire que l'installation soit pourvue d'un minimum d'équipements techniques, au demeurant peu onéreux. Conformément aux recommandations des agences de l'eau, ces appareillages sont,

Pour les équipements de pompage :

- un compteur d'eau.
- Un compteur horaire par pompe.
- Un ampèremètre par pompe.
- Un voltmètre.
- Un manomètre.
- Un dispositif de protection des pompes contre le désamorçage.
- Une prise d'échantillon pour analyses.

La pratique montre également qu'il est nécessaire que le captage soit équipé, au refoulement de la pompe, d'un piquage permettant d'évacuer l'eau pompée sans passer dans le réseau. Ce dispositif permet notamment de faire des essais de pompage divers, de stériliser le puits et d'évacuer l'eau, etc.

Pour le captage lui-même

- Un tube piézométrique permettant, à condition de disposer d'une sonde de niveau, de vérifier les différents niveaux de la nappe (statique et dynamique).
- Eventuellement, un capteur de pression qui transmettra les mêmes indications que ci-dessus, mais sous une forme permettant une exploitation informatisée.

Il convient également que le captage soit nivelé de manière à pouvoir disposer des cotes piézométriques dans un ensemble cohérent de données.

VII.2 Maintenance : [12]

La maintenance est un ensemble des mesures servant à préserver l'état initial ainsi qu'à constater et évoluer l'état réel des dispositifs techniques, d'un système d'alimentation en eau potable: en procédant régulièrement aux opérations d'entretien, d'inspection et de remise en état. On distingue deux types de la maintenance :

VII.2.1 La maintenance préventive :

Elle comporte toutes les opérations de contrôles et d'entretien que l'on effectue sur les ouvrages ou leurs équipement, pour la maintenir en bon état de fonctionnement.

La maintenance préventive est une opération programmée et en se basant sur la définition de la maintenance préventive on peut distinguer trois concepts principaux :

VII.2.1.1 L'entretien courant :

Cela concerne les opérations qui interfèrent le plus souvent avec le fonctionnement quotidien de l'installation telle que les mesures de surveillance, de contrôle, et de détections des anomalies (bruit, fuites etc....)

VII.2.1.2 L'entretien préventif systématique :

- Il s'agit d'un programme minimum obligatoire dans la mesure où :
- Son coût inférieur aux dépenses de dépannage ou de renouvellement.
 - Sa mise en œuvre est indispensable pour assurer aux équipements une durée de vie normale.

VII.2.1.3 L'entretien préventif exceptionnel :

On entend par un entretien préventif exceptionnel un entretien préventif non systématique, c'est-à-dire qui n'a pas été programmé longtemps à l'avance (démonter une pompe de forage à la suite d'une baisse significative des performances par exemple).

VII.2.2 La maintenance curative :

Elle consiste à la remise en état d'un équipement ou d'une installation à la suite d'une défaillance ou à une mise hors service accidentelle totale ou partielle.

Ces interventions sont généralement caractérisées par un haut degré d'urgence.

Les pannes peuvent être dues :

- A un défaut d'entretien sur l'ouvrage,
- A la vétusté du matériel, ou réseau, au quel cas l'entretien préventif peut s'avérer inopérant,
- A une défaillance des systèmes et organes de protection de l'appareil.

La mise en œuvre d'une maintenance curative efficace nécessite :

- Une parfaite connaissance des installations à dépanner (plan à jour des installations, fiches techniques des matériels, catalogues et monocultures des pièces de échanges, etc.
- Du personnel qualifiée.

VII.3 Gestion technique et suivie général des installations (pour un captage par forage) : [13]

La gestion d'un forage où d'un champ captant nécessite un suivie général des installations et des équipements qui les composent pour les maintenir le plus possible.

Pour cela, les opérations de contrôles, de suivies et d'inspections seront détaillées dans ce qui ce suit :

a) contrôles hebdomadaires :

- Etanchéité de la fermeture des trappes
- Etanchéité de la fermeture de la tête du puits
- Mesure des niveaux statique et dynamique.

b) contrôles semestriels :

- Affaissement de terrains contournant les forages.
- Comparaison du niveau de forage et du niveau d'eau et du piézomètre de contrôle.
- Mesure des prélèvements et niveau.
- État de fonctionnement de l'installation.
- Aération, état des grilles d'aération
- Hauteur de remplissage du matériau filtrant.
- conduites et robinetteries : étanchéité, corrosion, peinture, fonctionnement des organes de robinetterie.

Les opération de contrôle et inspection pour les machines tournantes et installations électrique sont :

- Contrôle hebdomadaires :
 - Etanchéité des pompes, vannes, robinetterie, presse étoupe et conduite,
 - Remplissage d'air des réservoirs anti-bélier
 - Fonctionnement des réservoirs électriques.
- Contrôles mensuels :
 - Essai de fonctionnement des équipements de secours et auxiliaires, fonctionnement des organes de robinetterie tel que réducteur de pression soupape de sécurité, manostats et clapet
 - Fonctionnement et indication de l'installation de télécommande et télétransmission.
- Contrôles annuels :
 - Révision générale de l'ensemble de l'installation électrique, en particulier l'appareillage de commande. L'isolement des enroulements des moteurs et de la mise à la terre.
 - Installation de mesure selon la sensibilité et les instructions du constructeur,
 - Compteurs généraux.

VII.4 Vieillessement et traitement des forages : [11]

Malgré toutes les protections et tous les contrôles réguliers dont peut bénéficier un ouvrage de captage, il est impossible de la maintenir éternellement en bon état. Le vieillissement est donc un phénomène inéluctable qui s'accompagne de plusieurs effets :

VII.4.1 Phénomène de corrosion :

Généralement il existe deux types de corrosion :

Corrosion électrochimique,

Corrosion bactérienne.

Cette corrosion est causée par :

La corrosion des captages d'eau souterraine est un phénomène beaucoup plus sournois que le colmatage car ses effets sont souvent moins détectables. En revanche, ses conséquences en sont au moins aussi spectaculaire et importantes pour la pérennité de l'ouvrage en cause. Elle est causée par :

- Présence de l'eau corrosive à l'intérieur d'un forage
- Existence des bactéries sidérolites ou sulfatés ductiles
- Effet galvanique entre les diverses parties de même ensemble métallique au contact d'eau de composition différente.

Pour la lutte contre ce phénomène on procède comme suite :

VII.4.1.1 Protection active :

Utilisation des effets électrochimiques (cathodique) qui a pour but de stopper ces phénomènes de corrosion qui sont directement liés à la corrosivité du sol et à l'influence des courants électriques parasites (courants vagabonds).

VII.4.1.2 Protection passive :

Couche de peinture et revêtement au tour du tuyau.

VII.4.2 Phénomène de colmatage :

Le colmatage des forages se traduit par une baisse progressive du rendement de l'ouvrage. C'est généralement le premier symptôme caractéristique du vieillissement. Les origines de ce colmatage peut être très diverses, mais le résultat est toujours le même : baisse de la perméabilité du milieu environnant immédiat (massif de graviers filtrant ou formation elle-même), ou bien accroissement des pertes de charges dû à la diminution du pourcentage de vide de la crépine (concrétions ou incrustations)

Colmatage mécanique : des particules fines (sable, argiles, colloïde) peuvent être entraînées sous l'effet de pompage et venir boucher l'ouvrage ou colmater le massif filtrant.

Colmatage chimique : les deux phénomènes susceptibles de déclencher un colmatage chimique sont le dégagement de CO₂ et l'apport d'O₂.

Colmatage biologique : se caractérise généralement par la présence d'élément filamenteux dans l'eau pompée, de flocons ou de bloc gélatineux, parfois bien avant que ne se manifeste la perte de productivité de l'ouvrage.

VII.5 Gestion et exploitation des réservoirs :[11]

Les réservoirs sont des ouvrages de stockage dont la durée de vie est généralement longue (50 ans minimum) les problèmes d'exploitation ou d'entretien peuvent concerner les réservoirs trouvent le plus souvent leur origine dans les insuffisances au niveau de la conception.

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont multiples et de nature à la fois technique et économique.

VII.5.1 Equipement des réservoirs :

Au niveau de la conception des équipements, il convient bien entendu d'étudier de façon correcte les problèmes proprement hydrauliques du réservoir mais également les problèmes liés à l'exploitation en prévoyant les équipements permettant à l'exploitant d'être informé sur les conditions de fonctionnement et en ne perdant pas par ailleurs de vue qu'il sera nécessaire d'intervenir sur le réservoir chaque année pour le nettoyage et plusieurs fois dans la vie de l'ouvrage pour des opérations d'entretien (génie civil, équipement hydrauliques...)

La liste des équipements susceptibles d'être installés dans un réservoir est représentée dans le tableau VII.1

Tableau VII.1 : équipement des réservoirs

Fonction	équipements
hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> • Vannes diverses • Clapet • Equipements de trop plein • Vidange • Siphon pour réserve d'incendie • Canalisation de liaison • Compteur • Clapet à rentre d'air • Purgeur d'air
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau • Poste de liaison électrique • Débit • Télécommande • Equipements de télétransmission
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> • Trappes de visite pour les personnels et le matériel • Equipements spéciaux pour le nettoyage • Pompe d'alimentation en eau
Entretien	<ul style="list-style-type: none"> • Appareils de manutention • Joints de montage • Eclairage • Trappes de visite pour le personnel et le matériel
	<ul style="list-style-type: none"> • Equipement ou disposition pour le

Qualité de l'eau	<p>renouvellement de l'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipement ou disposition pour le renouvellement de l'air • Robinet de prélèvement • Equipement de désinfection, analyseurs, • Dispositif de protection contre les actes de malveillance et les intrusions
Sécurité lors des interventions	<ul style="list-style-type: none"> • Passerelle • Echelle à crinoline • Garde –corps • Ancrage pour harnais de sécurité • Eclairage
Divers	<ul style="list-style-type: none"> • Suivant le réservoir : compresseur d'air, protection thermique des équipement, alarmes diverses

VII.5.2 Aspects liés à l'exploitation des réservoirs :

Les réservoirs sont des ouvrages qui nécessitent des interventions régulières (opérations courante de surveillance, entretien et nettoyage) où occasionnelle

Les réservoirs doivent être conçus pour permettre ces interventions avec le maximum de facilité et de sécurité.

VII.5.2.1 Opération de nettoyage :

Le vidange et le nettoyage des réservoirs doit se faire au moins une fois par an. Ces opérations doivent être suivies d'une désinfection l'ouvrage et d'un contrôle de la qualité de l'eau après remise en eau de l'ouvrage.

Prévention des accidents (sécurité) :

Un réservoir est un ouvrage qui présente un certain nombre de risques (chutes, noyades, asphyxie,...) pour le personnel d'exploitation et des précautions particulières doivent impérativement être observées.

Les premières dispositions sont bien entendu à prendre au moment de la conception de façon à ménager des moyens d'accès et de circulation commodes et conformes aux règles de sécurité.

Ces dispositions doivent comprendre la mise en place des garde-corps, mains-courantes, plinthes, portillons ou chaîne de sécurité, escalier, échelles, crinolines, crosses,...

VII.5.2.2 Contrôle de la qualité de l'eau :

Afin d'éviter une dégradation de la qualité de l'eau lors de la traversée d'un réservoir, il convient :

- d'assurer l'étanchéité de l'ouvrage : terrasse, radier et parois pour les réservoirs au sol ou semi-enterrés.
- De veiller est ce que les entrées d'air (ventilations, trop-plein...) soient correctement protégées contre les entrées de poussière, d'insectes et d'animaux ;
- De limiter l'éclairage naturel de l'intérieur du réservoir ;
- De procéder à un nettoyage au moins annuel du réservoir.

- **contrôle mensuel :**

- ouvrages de croisements, étanchéité
- Ouvrages en ligne, état d'étanchéité de la fermeture des trappes ; regards et des portes.

- **Contrôles semestriels :**

- Ouvrage en ligne ; état d'étanchéité de la fermeture des trappes, regards et des portes
- Organes et réducteurs de robinetterie à l'intérieur des regards

VII.6 Gestion et exploitation des réseaux:

Afin d'assurer une bonne gestion de réseau d'adduction et de distribution il faut que le réseau soit bien conçu en respectant les divers normes, en adaptant les matériaux appropriés, choit du tracé des conduites en dehors des zones sensibles, en respectant les conditions de pose des conduites et équiper le réseau de différents organes et accessoires qui facilitent sa gestion et son entretien.

VII.6.1 La surveillance et l'entretien courant des adduction et réseau de distribution : [13]

Les opérations d'inspection et d'entretien qui doivent être effectuée au niveau du réseau sont :

Contrôles mensuels :

- tracé des conduites d'adduction : affaissement, écoulement d'eau, travaux à proximité des conduites
- ouvrage en ligne, état d'étanchéité de la fermeture des trappes de regard,
- ouvrage de croisement, étanchéité

Contrôles semestriels :

- ouvrage en ligne, état étanchéité de la fermeture des trappes de regard,
- Réducteur de pression, soupape de sécurité et d'Aération,
- Conduites et organes de robinetterie à l'intérieur des regards

Contrôles annuels :

- organe de sectionnement, dispositif de protection contre les ruptures de conduites (fonctionnement, état, étanchéité, accessibilité, position...)
- Réducteur de pression, soupape de sécurité d'aération,
- Bouche d'incendie : fonctionnement, état, vidange, plaques indicatrices, présence de clé et de tuyaux de prise,
- Nettoyage des conduites, en particulier des tronçons secondaires et ceux en bout de réseau,
- Capacité de transit des conduites d'adduction (mesure de débit et pression)

Conclusion :

Dans ce contexte, les gestionnaires doivent toujours prendre des décisions, argumentées et pertinentes, ce qui nécessite une stratégie d'étude efficace basée, d'une part sur la connaissance du comportement du système de distribution d'eau potable et d'autre part sur l'utilisation d'indicateurs appropriés sur l'évaluation des performances de fonctionnement du système. Ces indicateurs sont établis par le gestionnaire selon ces propriétés de gestion mais aussi à partir des directives et normes des documents officiels.

Bibliographie

- [1] **J.BONNIN** : Hydraulique urbaine appliquée en agglomération de petite et moyenne Importance
- [2] **SALAH B** : Polycope Cours d'alimentation en eau potable ENSH 1993
- [3] **SAFEGE** : Département systèmes d'information.
- [4] **MAEZIZ KHALED** : **M.F.E** comparaison entre deux logiciels loop et piccolo
- [5] **DIRECTION TECHNIQUE** : manuel de l'utilisation de L'EPANET
- [6] **REVUE AMERICAIN**: water works association (AWWA) internal corrosion of water distribution system 2^e edition 1996
- [7] **C.BASALO, G.GATSCH** : les canalisations d'eau et de gaz, corrosion, dégradation et protection. Technique et documentation Lavoisier 1987
- [8] **DUPONT.A** : Hydraulique urbaine (tome 2). Edition Eyrolles (1979)
- [9] **MICHEL.A.MOREL**:exercice de mécanique des fluides (tome 2).Chihab -Eyrolles 1994
- [10] **SALAH B** : cours d'alimentation en eau potable de 5^{eme} année
- [11] **LYONNAISE DES EAUX** : Mémento du gestionnaire de l'AEP et de l'assainissement tome 1 LAVOISIER TEC &DOC ; 1994 France
- [12] **ROBERT.C** : technique de l'ingénieur Maintenance ; MT1
- [13] **ILINI YAMINA** : **M.F.E** gestion des réseaux d'alimentation en eau potable cas de la ville d'El Kseur W. de béjaia.

Webographie

- [a] http://www.eau.fndae.fr/documentation/numero_HS12.htm
- [b] <http://www.astee-org/commission/corrosion-protection-reseau>

Conclusion générale :

A partir d'un diagnostic du service d'alimentation en eau potable de la ville de Hassainia et de son mode de fonctionnement, j'ai pu identifier les dysfonctionnements et de proposer des solutions techniques en prenant en compte les besoins à moyen et long terme.

Mon travail consistait à déterminer par secteur géographique le type d'action à entreprendre.

Il comprend les phases suivantes :

1. Mise à jour et vérification des plans du réseau d'eau potable
2. Analyse de la production
3. Analyse de la consommation-distribution
4. Etablissement du bilan besoin-ressource
5. Détermination des ratios de fonctionnement
6. Calcul hydraulique de toute la chaîne de distribution.

A la lumière de cette étude, je me permets de conclure qu'après avoir estimé les besoins en eau actuelle et futur, je constate qu'en 2015, ces besoins ne peuvent suffire avec l'apport existant. Comme solution à ce déficit, je suggérerai la recherche d'un nouveau forage et son exploitation avec un débit minimum de 7L/s jusqu'à l'horizon 2035.

A signaler les difficultés d'étude rencontrées et ce à cause des diamètres imposés.

Il est dans l'impératif de changer carrément le réseau avec des nouveaux diamètres correctement dimensionnés qui nous permettent d'avoir des vitesses admissibles avec un matériau moins dangereux que l'amiante ciment.

J'ai pu déterminer la hauteur manométrique de la pompe immergée, à partir d'une simulation sur le logiciel, qui est de 42 m avec un débit de 13L/s. à l'aide de ce point on a tracé la courbe caractéristique de la pompe.

Il existe aujourd'hui une crise de l'eau qui n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une mauvaise gestion de cette ressource.

En l'état actuel des choses, il est encore possible de prendre des mesures constructives pour éviter que la crise ne s'amplifie c'est-à-dire réduire le taux de fuites qui est estimé à 30%.

Les services gestionnaires des réseaux prennent conscience de ces anomalies souvent en retard, généralement après des pertes importantes d'eau. Ce retard est dû à l'absence d'une politique efficace de surveillance et de contrôle. A cet effet, le diagnostic nous a permis de détecter les insuffisances du réseau pendant la conception et d'insister auprès des décideurs dans le bon choix des bureaux d'études.

En fin, je souhaiterais que les projets fassent l'objet d'un contrôle avant leur réalisation et servira comme guide bénéfique pour d'autres projets orientés dans la perspective de promouvoir le secteur hydraulique dans la zone en question.