



# DIAGNOSTIC ET PROPOSITION DE RESTRUCTURATION DU SYSTEME AEP DE LA VILLE DE YAKO / BURKINA FASO

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : .Génie Civil et Hydraulique

---

Présenté et soutenu publiquement le 14-Janvier 2019 par

**Ousmane BONKOUNGOU (N°20040015)**

**Travaux dirigés par :**

**M. Moussa OUEDRAOGO** : Enseignant à 2iE  
ET

**M. Honorat W. KIEMDE** : Ingénieur du Génie rural

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Lawani MOUNIROU  
Membres et correcteurs : Mr. Roland YONABA  
Mr. Moussa FAYE

**Promotion [2018/2019]**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à:*

- *Mes très chers parents pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis, pour tous les encouragements ainsi que pour leur soutien qui m'a permis de mener à terme le travail en question.*

*Je le dédie également à:*

- *Mon épouse et mes enfants pour leur encouragement, patience et compréhension ;*
- *Toute ma grande famille et tous mes proches.*

*Ousmane*

## Remerciements

Ce travail a été mené sous la direction de Mr OUEDRAOGO Moussa, Enseignant à l'Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements pour avoir accepté de m'encadrer afin de mener à bien ce mémoire de fin de cycle de master. Pour ses conseils utiles, ses critiques fructueuses, je tiens à lui exprimer ici ma profonde reconnaissance.

Que Messieurs le président et membres du présent jury soient vivement remerciés pour avoir accepté d'examiner et de critiquer ce travail malgré leurs nombreuses charges et préoccupations et je les remercie pour l'intérêt qu'ils accordent à ce document.

Je remercie particulièrement :

- Mr KIEMDE W Omer Honorat Directeur Régional de l'ONEA du Nord-Ouest sortant qui s'est chargé de mon encadrement dans la structure d'accueil. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance pour sa disponibilité, ses conseils utiles.
- Mr MILLOGO Barnabé, Directeur Régional ONEA entrant qui a su rester dans la même logique de disponibilité et de soutien que son prédécesseur.
- Mr Salifou ZOUNGRANA et Mr SAWADOGO François Xavier respectivement chef de Service Réseau Production entrant et sortant de la DRNO pour leur soutien, conseil et disponibilité.

Que Mr KABORE Théodore, chef de centre ONEA de Yako et l'ensemble de son personnel soient particulièrement remerciés pour leur entière disponibilité,

Je ne saurais oublier l'aide si précieuse de Messieurs:

Eric BATIONO, Lassané SAWADOGO et Moussa GUIGMA tous du service SIG de la DRO, qu'ils acceptent ma profonde considération.

Ma sympathie et profonde reconnaissance au Directeur Général de l'ONEA, aux agents de la DPI, de la DRNO et de la DRH, pour leur aide précieuse et spontanée.

Toute ma haute considération à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Un merci spécial est adressé aux membres de ma famille, mes parents, mes sœurs, mes frères, et spécialement à mon épouse et mes enfants pour leur soutien moral, leur patience et leur compréhension.

A l'ensemble du personnel de l'ONEA, mes amis, collègues de 2iE, et toutes les personnes qui m'ont assisté de près ou de loin, qu'ils trouvent dans ce modeste document l'expression de mes sincères reconnaissances.

## Résumé

La présente étude diagnostique a été menée pour contribuer à l'amélioration de la qualité de la desserte en eau du système AEP du centre ONEA de la ville de Yako. En rappel, ce système dessert actuellement 29 540 personnes par l'intermédiaire de treize (13) forages de débit d'exploitation cumulé de 87 m<sup>3</sup>/h, d'un réseau de refoulement de 10,8 km, de 72 km de réseau de distribution tous en PVC PN10 DN63 à 200. Le traitement consiste à l'injection continue d'une solution d'hypochlorite de calcium dans le réseau de refoulement. Le système dessert essentiellement 2120 branchements particuliers et 44 bornes fontaines. *Les résultats de l'étude* font ressortir que dans l'ensemble le système est fonctionnel, cependant on note un déficit journalier d'environ **420 m<sup>3</sup>**, des faibles pressions de service voire nulles dans principalement les secteurs 6 et 2 de la ville. Les causes essentielles des dysfonctionnements sont que les capacités de certaines infrastructures sont dépassées par le mode de fonctionnement actuel. *Les solutions de restructurations* retenues en optimisant les investissements sont les suivantes : *au niveau de la production*, l'organisation du pompage selon un programme de fonctionnement en trois groupes ; l'élimination des combats de flux aux principaux nœuds de refoulement ; la suppression des tronçons venturi de ce même réseau par l'harmonisation des conduites (tronçon aval plus petit que le tronçon amont et tronçon de refoulement salle de chloration). Le coût des travaux à ce niveau s'élevé à *environ six millions quatre-cent quatre-vingt – sept mille cent-cinquante (6 487 150)* francs CFA HT.

- *au niveau de la distribution*, il faut faire des maillages. Environ 1072 m de canalisation PVC PN10 DN110 à doubler parallèlement pour un coût de *huit millions-deux-cent-quarante-six-mille-deux-cent-cinquante (8 246 250)* francs CFA HT.

## Mots Clés

- Système AEP
- Diagnostic
- Simulation
- Dysfonctionnement
- Restructuration

## Abstract

The present diagnostic study was undertaken to contribute to the improvement of the quality of water the service road of system AEP of center ONEA of the town of Yako. In recall, this system currently serves 29 540 people via thirteen (13) drillings of flow of exploitation cumulated of 87m<sup>3</sup> / H, of a network of repression of 10,8km, 72km of distribution network all out of PVC PN10 DN63 to 200. The treatment consists with the continuous injection of a calcium hypochlorite solution in the network of repression. The system serves primarily 2120 particular connections and 44 BF.

*The results of the study* emphasize that as a whole the system is functional, however one notes a daily deficit of approximately **420m<sup>3</sup>**, low even null operating pressures in mainly sectors 6 and 2 of the city. The essential causes of the dysfunctions are that the capacities of certain infrastructures are exceeded by the operating mode current (led and pumps under dimensioned, exploitable minimal coast of the slightly weak water tower). *The solutions of reorganizations* retained by optimizing the investments are as follows: - *on the level of the production*, the organization of pumping according to a program of operation in three groups; the elimination of the combat of flow to the principal nodes of repression; removal of the sections venturi of this same network by the harmonization of the conduits (section downstream smaller than the section upstream and section of repression room of chlorination). The cost of work on this level high to *approximately six million four hundred -eighth seven -thousand one hundred and fifty (6 487 150)* francs CFA HT.

- *for the level of the distribution*, it is necessary to make grids. Approximately 1072 m of drain PVC PN10 DN110 to in parallel double at a cost of *eight million two hundred forty six thousand two hundred and fifty (8 246 250)* francs CFA HT.

### Key Word

- System AEP
- Diagnosis
- Simulation
- Dysfunction
- Reorganization

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>ONEA</b>	:	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
<b>DRNO</b>	:	Direction Régionale du Nord-Ouest
<b>DRO</b>	:	Direction Régionale de Ouagadougou
<b>DPI</b>	:	Direction de la Planification et des Investissement
<b>SPMF</b>	:	Service Planification et Mobilisation des Finances
<b>DR</b>	:	Direction Régionale
<b>AEP</b>	:	Approvisionnement en Eau Potable
<b>PN-AEPA</b>	:	Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement
<b>RPE</b>	:	Réduction des pertes d'eau
<b>SIG</b>	:	Système d'Information Géographique
<b>INSD</b>	:	Institut national de la Statistique et de la Démographie
<b>PAM</b>	:	Programme Annuel de maintenance
<b>UTM</b>	:	Universal Transverse Mercator
<b>ODD</b>	:	Objectifs de Développement Durable

## Table des matières

I - INTRODUCTION.....	1
II - PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS.....	2
II.1 - Contexte.....	2
II.2 - Objectif général .....	2
II.3 - Objectifs spécifiques.....	2
III - PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL (L'ONEA) .....	3
III.1 - Généralités.....	3
III.2 - 1 Direction Régionale du Nord-Ouest (DRNO).....	5
III.3 - Le centre ONEA de Yako .....	5
IV - MATERIEL ET METHODES .....	7
IV.1 - Présentation de la zone d'étude (YAKO).....	7
IV.1.1 - Plan de situation.....	7
IV.1.2 - Milieu physique .....	7
IV.2 – Méthodologie de travail.....	9
IV.2.1 - État des lieux.....	9
IV.2.2 - Diagnostic du système AEP.....	9
IV.2.3 - Comparaison de la capacité de production et besoins .....	11
IV.2.4 - Réseau d'adduction.....	12
IV.2.5 - Réseau de distribution.....	13
IV.2.6 – Restructuration .....	14
V - RÉSULTATS.....	15
V.1 - État des lieux .....	15
V.2 - Diagnostic du système et analyse .....	18
V.2.1 - Capacité de production.....	19
V.2.2 - Réseau d'adduction .....	20
V.2.3 - Récolement du réseau d'adduction. ....	21
V.2.4 - Conditions de fonctionnement .....	22
V.2.5 - Réseau de distribution .....	25
V.2.6- Validation de la simulation .....	28
VI - DISCUSSION ET ANALYSE .....	30
VI.1 — Synthèses des dysfonctionnements.....	30
VI.2 — Analyse critique et interprétation des causes des dysfonctionnements .....	31
VI.3 — Proposition de solution de restructuration .....	32
VI.3.1 — Solutions techniques pour la production .....	32
VI.3.2 — Solutions techniques pour la distribution.....	34
VI.3.3 — Devis estimatif .....	37

VII – CONCLUSION .....	39
VIII - RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	40
X - BIBLIOGRAPHIE.....	41
XI – ANNEXE.....	42
XI.1 — Organigramme ONEA (version 2011) .....	43
XI.2 – Etat des lieux .....	44
XI.3 — Diagnostic.....	47
XI.4 —Restructuration .....	55

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Indicateurs mois de juin 2018 .....	6
Tableau 2:Consommation moyennes des points de livraisons.....	11
Tableau 3:Données de projections .....	11
Tableau 4:Etat des lieux des compteurs et forages .....	15
Tableau 5:Caractéristiques des compteurs d'eau domestiques : .....	16
Tableau 6:Etat des lieux : système de production.....	16
Tableau 7:Etats des lieux : système de distribution .....	17
Tableau 8:balance ressource — consommation.....	19
Tableau 9:Vérification du choix des pompes.....	20
Tableau 10:longueurs et références des conduites du réseau de refoulement.....	21
Tableau 11:vérification du choix des conduites de refoulements .....	22
Tableau 12:Comparaison des diamètres existants et dimensionnés de l'adduction.....	23
Tableau 13:principaux Indicateurs de performance du réseau.....	27
Tableau 14:Resultats_débimétrie .....	28
Tableau 15 : Synthèse des dysfonctionnements.....	30
Tableau 16 : Analyse critique et interprétation des causes .....	31
Tableau 17:résultat de la simulation du programme de pompage. ....	33
Tableau 18 : Devis estimatif des travaux de restructuration .....	37
Tableau 19 : faibles pression aux nœuds de distributions.....	49
Tableau 20:Vitesse non économiques situation refoulement distributif.....	50
Tableau 21 : faibles pression _situation gravitaire.....	51
Tableau 22:vitesse non économique situation gravitaire .....	54

## LISTE DES FIGURES

Figure 2:Cartographie des régions et centre ONEA .....	4
Figure 3:Vue en plan de Yako .....	7
Figure 4:Photos états des lieux: BF&BP.....	18
Figure 5:Récolement du réseau de refoulement de Yako .....	24
Figure 6:Simulation situation permanente en refoulement distributif. ....	25
Figure 7:Situation permanente en gravitaire .....	26
Figure 8 : Statistique de calage pour pressions .....	29
Figure 9 : Comparaisons des valeurs moyennes de pressions .....	29
Figure 10 : résultats solution maillage alimentation en refoulement distributif. ....	35
Figure 11:Résultat solution maillage alimentation gravitaire par le château .....	36
Figure 12:Simulation refoulement .....	48
Figure 13 : projet restructuration du réseau de refoulement .....	55
Figure 14 : projet restructuration salle de chloration .....	56
Figure 15:Projet maillage sur la distribution.....	60

## I - INTRODUCTION

La mission d'un système AEP est de produire et distribuer de façon continue de l'eau potable aux populations dans les conditions de pression de service requises. Cet objectif exige de disposer d'ouvrages et équipements de production et de distribution en bon état de fonctionnement. C'est dans ce contexte qu'en 1988 dans le cadre des AEP sept villes, l'ONEA a mis en service le système AEP de la ville de Yako qui depuis sa création jusqu'à nos jours n'a pas connu une véritable étude de restructuration ; les seules réalisations ont été d'accroître la capacité de production et de distribution à travers la réalisation des raccordements de forages et des extensions de réseau pour faire face à l'accroissement de la demande. Trente années après, les constats des exploitants font ressortir des problèmes de desserte dans certaines zones de la ville. C'est ainsi que dans le cadre de notre mémoire de fin de cycle en master II infrastructures réseaux hydrauliques à 2iE, il nous a été demandé de mener une étude diagnostique du système en vue de proposer une solution de restructuration. Afin de mener à bien notre mission, nous allons d'abord procéder à un diagnostic des différentes composantes du système à travers une analyse quantitative de la ressource, du fonctionnement des ouvrages et équipements de production et de distribution et ensuite proposer des solutions de restructuration pour améliorer la desserte.

## **II - PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS**

### **II.1 - Contexte**

Le centre de YAKO a été mis en service en 1988, avec une configuration de base composée de : 03 forages, un réseau de canalisations fonctionnant en refoulement distributif et 01 (un) château d'eau métallique de 100 m<sup>3</sup>.

En 2018, soit trente années après la mise en service des installations, en dépit des renforcements de la capacité de production et des extensions du réseau de distribution pour faire face à la demande en eau sans cesse croissante de la population, certaines zones de la ville souffrent de desserte.

La difficulté de respecter les objectifs de service et les indicateurs déclinés impliquent de revoir la configuration du système AEP et de proposer des solutions pérennes pour améliorer son fonctionnement global.

### **II.2 - Objectif général**

Contribuer à l'amélioration de la desserte en eau potable de la ville de YAKO au Burkina Faso.

### **II.3 - Objectifs spécifiques**

- Faire un état des lieux des équipements du système AEP existant.
- Faire une analyse diagnostique de la desserte de l'AEP.
- Proposer les solutions pour l'atteinte des objectifs de service et des indicateurs déclinés.

### III - PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL (L'ONEA)

#### III.1 - Généralités.

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement a été créé par décret n° 85/387/CNR/PRES/EAU du 28 juillet 1985 sous la forme d'un Établissement public de l'État à caractère industriel et commercial (EPIC). Il a été transformé en société d'État le 2 novembre 1994 (décret n° 94-391/PRES/MICM/EAU). Il a pour mission : la création, la gestion et la protection des installations de captage, d'adduction, de traitement et de distribution d'eau potable pour les besoins urbains et industriels, la création, la promotion et l'amélioration ainsi que la gestion des installations d'assainissements collectifs, individuels d'évacuation des eaux usées et excréta en milieu urbain et semi-urbain.

L'Office intervient dans les localités de plus de **10 000** habitants ainsi que dans les chefs-lieux de provinces sur l'ensemble du territoire burkinabè. Cette responsabilité s'inscrit dans la mise en œuvre du PN-AEPA et est traduite dans le plan stratégique 20016-2020 par sa vision d'« **Être en 2020 une entreprise performante, innovante et toujours à l'écoute du client** ».

L'ONEA gère 58 centres répartis dans les quatre (4) Directions régionales ci-dessous.

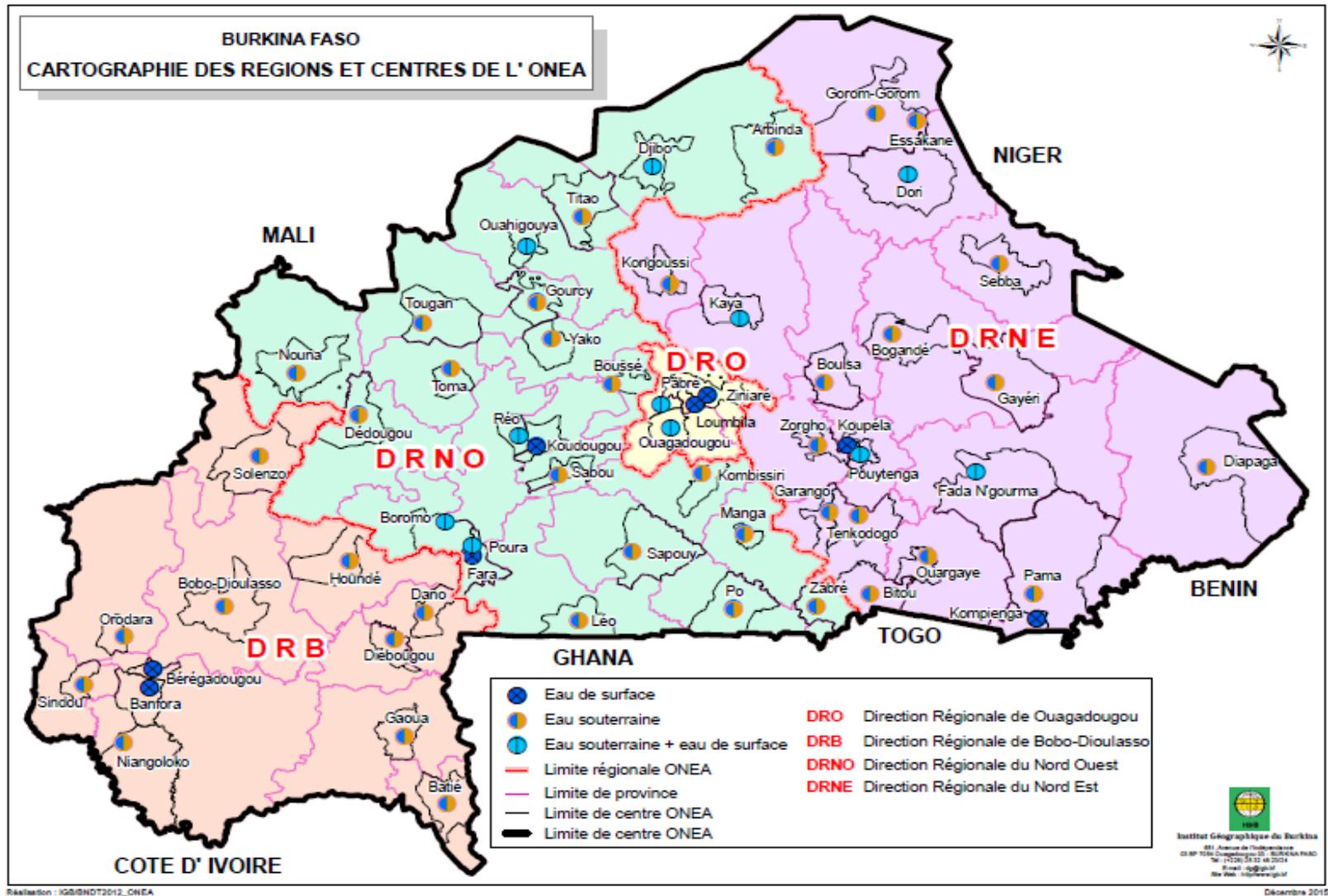


Figure 1: Cartographie des régions et centre ONEA

### **III.2 - 1 Direction Régionale du Nord-Ouest (DRNO).**

Créée en 2009 avec son siège à Ouagadougou, elle regroupe 21 centres répartis dans trois centres de regroupement que sont :

- *Regroupement de Koudougou* comprend les centres de : Boromo, Dédougou, Fara, Koudougou, Léo, Nouna, Poura, Réo, Sabou et Sapouy ;
- *Regroupement de Ouahigouya* : Arbinda, Boussé, Djibo, Gourcy, Ouahigouya, Titao, Toma, Tougan et Yako.
- *Regroupement de Pô* : Kombissiri, Manga, Pô et Zabre

La DRNO est gérée par un directeur régional (DR) et compte les services suivants :

- Réseau Production (SRP) où nous avons effectué le stage
- Finances Gestion des Ressources humaines (SFGRH)
- Gestion Clientèle (SGC)
- Entretien et Maintenance (SEM).

### **III.3 - Le centre ONEA de Yako**

Le centre est géré par un chef (chef de centre) qui a sous ses ordres :

- un plombier réseau,
- un releveur
- un agent d'assainissement
- et un caissier.

À la date du 18 juin 2018, le centre compte :

Des ressources en eau souterraine (13 forages fonctionnant simultanément pendant 16 heures) avec une capacité de production journalière moyenne de 1035 m<sup>3</sup>.

- Un château d'eau en béton armé de 150 m<sup>3</sup> sur une tour de 11 m.
- Un réseau d'adduction d'environ 10,8 km
- Environ 72 km de réseau de distribution essentiellement en PVC
- 2120 BP (branchements privés)
- 44 BF.

Les principaux indicateurs au mois de juin 2018 sont :

Tableau 1: Indicateurs mois de juin 2018

Indicateur	Valeur	Cible
Rendement de production (%)	100	100
Rendement de distribution (%)	84	90
Taux de couverture en eau potable (%)	85	≥ 95
Indice linéaire de perte (m <sup>3</sup> /j/km)	2,54	≤ 3
Coût spécifique des produits chimiques (F/m <sup>3</sup> )	2,01	≤ 4,86
Consommation spécifique en gasoil (l/m <sup>3</sup> )	0,36	0,33
Consommation spécifique en électricité (KWh/m <sup>3</sup> )	0,70	0,6

### Commentaire

- Cible non atteinte en rouge
- Cible atteinte en vert

## IV - MATERIEL ET METHODES

### IV.1 - Présentation de la zone d'étude (YAKO)

#### IV.1.1 - Plan de situation

La commune de Yako s'étend sur environ 80 km<sup>2</sup> et est située dans la province du Passoré à 109 km au nord-ouest de Ouagadougou. La ville de Yako est le chef-lieu de la province située sur un plateau entre 2° de longitude Ouest et 12° 56' de latitude Nord.

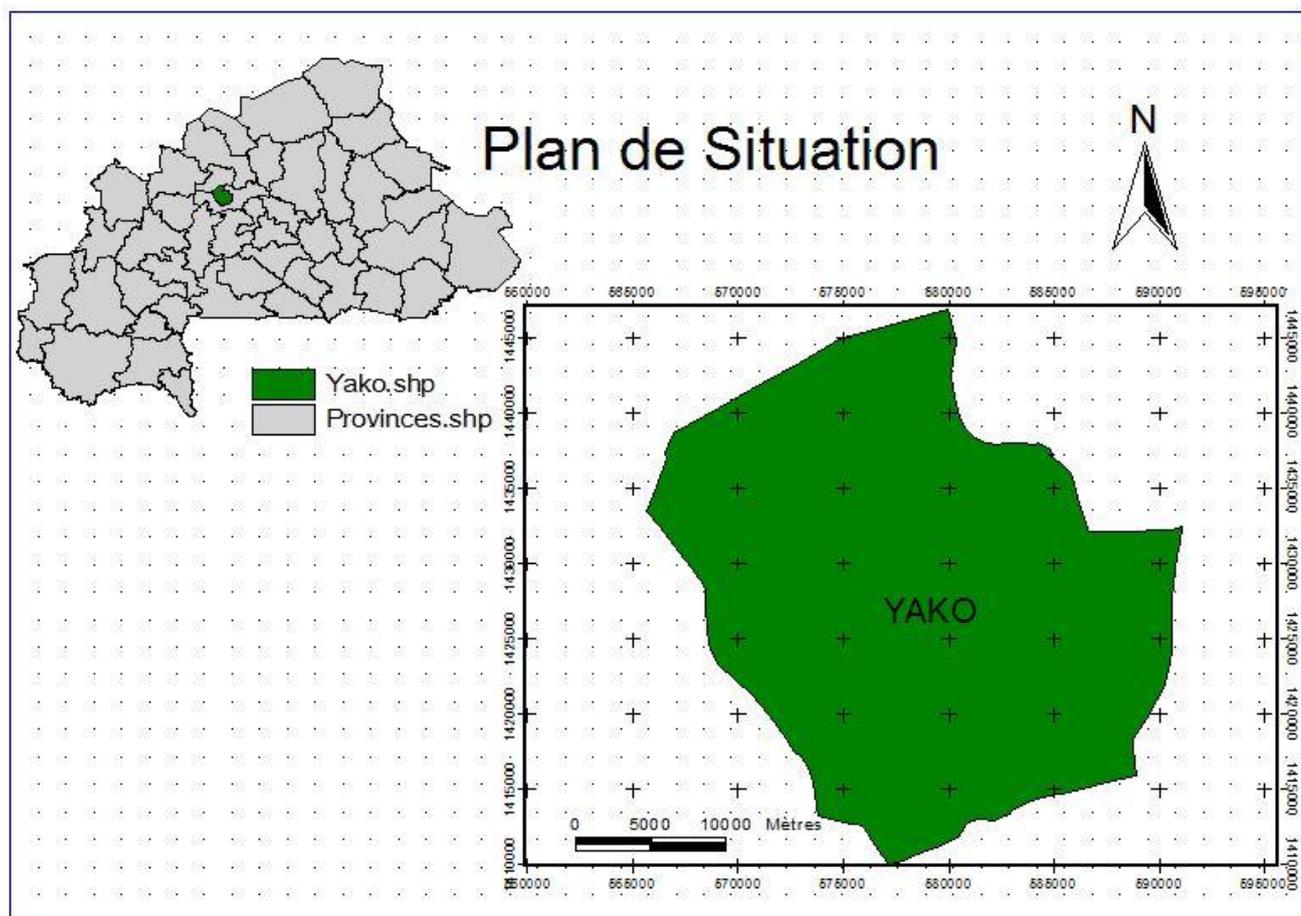


Figure 2: Vue en plan de Yako

#### IV.1.2 - Milieu physique

##### IV.1.2.1 - Le Relief et l'hydrologie

La commune de Yako fait partie de la province du Passoré qui constitue la limite du birrimien ; ce qui justifie l'existence au niveau du relief de deux principales formations :

- de nombreuses collines birrimiennes
- une pénéplaine composée de roches très dures résultant d'anciens aplanissements.

Ces formes contrastées du relief exposent les sols à une forte érosion. Au niveau de la commune, les sols sont classés en cinq groupes :

- les lithosols très peu épais avec un revêtement gravillonnaire ;
- les sols bruns eutrophes sur roches basiques ; ce sont des sols profonds avec une texture argile sableuse et occupent 0,3% de la superficie.
- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés et appauvris avec une texture sableuse en surface. Ces sols sont les plus répandus, car ils représentent environ 40 % de la superficie,
- les sols gravillonnaires peu évolués d'épaisseur très faible avec de faibles capacités de rétention d'eau représentent 19,2 %.

La commune de Yako est située à la jonction de deux bassins versants qui sont ceux du fleuve Nakambé et ceux du cours inférieur du Mouhoun. Ainsi, les principaux cours d'eau de la commune sont constitués par les affluents de ces deux fleuves. Quelques retenues d'eau ont été réalisées afin de satisfaire les besoins en eau de production, mais celles-ci sont intermittentes et tarissables dès le mois d'avril.

#### **IV.1.2.2 - Climat et végétation**

La commune de Yako est située dans la zone soudano-sahélienne. Son climat caractérise par l'alternance d'une saison sèche (novembre à avril) et d'une saison des pluies (mai à octobre), variable d'une année à l'autre. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 668 mm avec température moyenne annuelle de 27,9 °C.

La végétation y est composée essentiellement de savanes arbustives évoluant par endroit en savane herbeuse. Les espèces végétales les plus courantes sont :

- *les espèces exotiques : Eucalyptus, sp. Azadirachta indica ;*
- *les espèces locales : Vitellaria paradoxa, acacia albida, Bombax costatum, Parkia biglobosa, Tamarindus indica, khaya senegalensis, Balanites aegyptiaca, Combretum SP.*

#### **IV.1.2.3 - Milieu humain et socioéconomique**

Selon le rapport « Projections démographiques des communes du Burkina Faso de 2007 à 2020 » de l'INSD, la population de la commune de Yako en 2018 est estimée à 108 145 habitants. L'économie est dominée par les activités agropastorales. Tout comme l'agriculture l'élevage est pratiqué par une grande partie de la population de façon extensive.

La commune de Yako comme la plupart des communes du Burkina n'échappe pas au phénomène migratoire. Les migrations sont surtout perceptibles en saison sèche et concernent près de 4,5 % de la population. Toutefois, elles concernent plus les hommes que les femmes ainsi que les villages.

## IV.2 – Méthodologie de travail

Il faut noter que la saisie du rapport s'est faite avec Word et Excel. Les autres outils spécifiques sont signalés dans chaque partie. Afin de bien mener l'étude, la méthodologie ci-dessous décrite a été adoptée.

### IV.2.1 - État des lieux

À travers la collecte des données et l'analyse documentaire (les plans, les rapports d'exploitation, fiches techniques, les plans de récolements, etc.) un inventaire des composantes du système d'AEP de l'ONEA a été dressé suivi de la mise à jour des plans de réseau. La mise à jour du plan s'est faite avec Arcview3.2.

### IV.2.2 - Diagnostic du système AEP

*Le calage* a exploité les coordonnées de points remarquables récupérés sur Google Earth. À partir de ces coordonnées UTM, nous avons calculé les facteurs de décalage [ $\Delta X, \Delta Y$  et  $\Delta \theta$ ] entre les coordonnées UTM et relatives des points remarquables et nous avons déplacé l'ensemble des couches en appliquant les facteurs de décalage dans *Arcview3.2*.

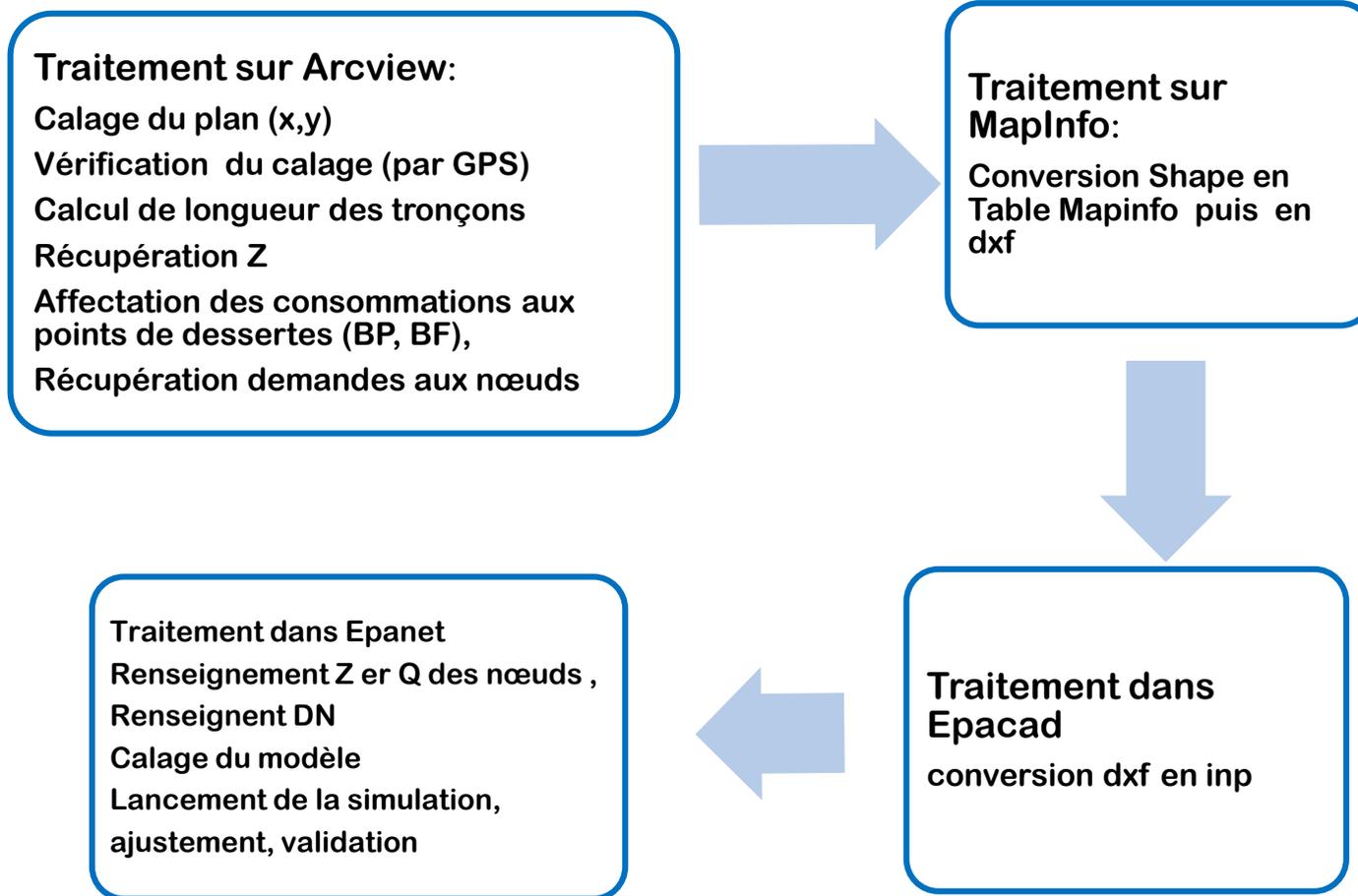
*Les états physiques* des ouvrages et équipements découlent des visites de terrains.

Pour l'analyse complète des réseaux,

*La simulation se fera avec Epanet* qui est un logiciel gratuit et couramment utilisé. Notons qu'au préalable nous disposons de fichiers de couches [non calés par rapport aux coordonnées UTM] du réseau de distribution où y figurent les ouvrages et équipements vitaux tels que le château, les conduites, les bornes fontaines, les poteaux d'incendies, les vannes, les vidanges et les ventouses. Une mesure des débits entrée station et sortie principale distribution sera faite à l'aide d'un débitmètre ultra flux pour valider le modèle hydraulique.

Le fichier Shape du plan réseau a été converti en table *Mapinfo*, puis converti en fichier d'entrée INP par *EpaCad*. Une fois sur *Epanet*, les informations sur les côtes, les diamètres des conduites et les demandes aux nœuds ont été saisies. Il faut dire qu'au préalable sur Arcview un traitement a été fait pour récupérer les côtes et les demandes aux nœuds. Les côtes ont été obtenues par jointure spatiale à l'aide du fichier Shape des courbes de niveau de Yako par *Global Mapper*, pour les demandes aux nœuds vu qu'on ne disposait pas de fichier de consommation, toutes les parcelles au total (6465) ont été prises en compte de même que celles des BF. Les consommations des parcelles ont été ventilées sur les nœuds de réseau par jointure spatiale et le récapitulatif par nœuds donne la demande de base du nœud dans Epanet.

## Logigramme de la simulation



Le tableau ci-dessous donne les débits affectés aux différents types de parcelles.

*Tableau 2: Consommations moyennes des points de livraisons*

Type de parcelles	Débit affecté (l/s)
Parcelle à usage d'habitation (BP)	0,0041
Parcelle à usage commerciale, lieu de culte, établissement, administration,	0,02
Bornes Fontaine	0,075

**NB** : Ces consommations ont été obtenues en rapportant la consommation totale journalière sur le nombre de points pour chaque type.

### IV.2.3 - Comparaison de la capacité de production et besoins

Une estimation des besoins en 2018 sur la base des hypothèses du SPMF/DPI/ONEA sera faite et comparée avec la capacité journalière actuelle de la ressource [forages].

Les hypothèses sont basées sur le rapport « 2004 du Plan de développement de Yako » pour une échéance de 2030 et se résument essentiellement dans le tableau ci-contre.

*Tableau 3: Données de projections*

<i>Hypothèses retenues [projection 2018]</i>	<i>Valeurs</i>
Population desservie	29 540
Consommation spécifique moyenne au BP. [l/j/hab.]	39
Population desservie par les BP	19 286
Consommation spécifique moyenne à la BF [l/j/hab.]	28
Population servie par les BF	10 254
Facteur saisonnier	1,05
Rendement global	88%
Consommation moyenne par jour des grandes maisons et industries [m <sup>3</sup> ]	11,29
Consommation moyenne journalière des administrations [m <sup>3</sup> ]	2,81
Consommation moyenne journalière Budget nationale [m <sup>3</sup> ]	64,30
Consommation moyenne journalière Station ONEA [m <sup>3</sup> ]	0,66

## IV.2.4 - Réseau d'adduction

### IV.2.4.1 - Vérification de l'état physique des ouvrages et équipements.

Une visite de terrain s'impose pour les ouvrages et les équipements et à l'issue de cela un tableau récapitulatif est dressé avec l'état des ouvrages.

### IV.2.4.2 - Vérification des calibres et du fonctionnement des compteurs de tête forages.

L'appréciation du choix des CTR s'est faite sur la base des caractéristiques de fonctionnement des CTR domestiques fournies par les fabricants (voir tableau 4) :

- $Q_{\max}$  ou  $Q_4$  c'est le débit le plus élevé auquel le compteur doit pouvoir fonctionner sans détérioration mais pour un temps relativement court.
- $Q_n$  ou  $Q_3$  (débit nominal ou permanent) ce débit exprimé en mètres cubes par heure sert à désigner le compteur et est celui autour duquel le compteur peut fonctionner en permanence sans détérioration avec une précision de 2% pour une perte de charge moyenne.
- $Q_t$  ou  $Q_2$  (débit de transition) partage l'étendue des débits comprise entre  $Q_{\min}$  ou  $Q_1$  et  $Q_{\max}$  ou  $Q_4$  en deux étendues dans lesquelles les erreurs maximales tolérées prennent des valeurs différentes ( $\pm 2\%$ ).
- $Q_{\min}$  ou  $Q_1$  (débit minimum) c'est le débit à partir duquel tout compteur doit respecter les erreurs maximales tolérées par la réglementation ( $\pm 5\%$ ) Au-dessous de celui-ci, le compteur tourne mais le constructeur ne garantit aucune précision.

L'étendue légale des débits d'utilisation d'un compteur d'eau est limitée par le débit maximal et le débit minimum

Mais les critères de coût, de perte de charge induite et de bonne précision de comptage recommandent :

- Pour des contraintes économiques et de précision ;  $Q_n (Q_3) \leq Q_p < Q_{\max} (Q_4)$
- ou
- Sans contraintes particulières (sauf précision) ;  $Q_t (Q_2) \leq Q_p < Q_{\max} (Q_4)$  avec  $Q_p$  étant **débit permanent** devant traverser le compteur choisi.

#### IV.2.4.3 - Vérification du dimensionnement des conduites et des pompes.

Les diamètres des conduites de refoulement seront dimensionnés et comparés avec les diamètres existants.

Les formules utilisées et les conditions de vitesse sont consignées ci-dessous

Pour le dimensionnement des conduites de refoulement :

- Bresse :  $D(m) = 1.5\sqrt{Q(m^3/s)}$
- Bresse modifié :  $D(m) = 0.8\sqrt[3]{Q(m^3/s)}$
- Munier :  $D(m) = (1 + 0.02 \times T_p)\sqrt{Q(m^3/s)}$
- Condition de vitesse :  $V(m/s) \leq \left(\frac{D(mm)}{50}\right)^{0,25}$

Pour le calcul de la hauteur manométrique totale (HmT) des pompes :

- Pertes de charge (Calmont : LECHAPT) :  $\Delta H_i = a \frac{L}{D^m} \times Q_i \times Q_i^{n-1}$ ;
- Pertes de charge singulière :  $PdC \text{ sing} = 10\% * \Delta H_i$  ;
- Hauteur manométrique totale :  $HmT = Hg + \Delta HT = Hg + 1,1x\Delta Hi$

#### IV.2.4.4 - Vérification de la fonctionnalité du système (association des pompes)

Un tableau de comparaison des débits d'exploitation de chaque forage avec le débit réel obtenu à l'association sera établi.

#### IV.2.5 - Réseau de distribution

- Vérification de l'état physique des ouvrages et équipements
- Vérification du dimensionnement des conduites (**diamètres, les conditions de vitesse et de pression**)
- Vérification de la fonctionnalité du système (calcul de quelques paramètres importants comme l'ILP, la charge du réseau, le rendement réseau).

Pour les paramètres importants du réseau les formules sont les suivantes

- Rendement réseau :  $R(\%) = \frac{\text{Volume distribué}}{\text{Volume produit}} \times 100$
- Indice Linéaire de perte :  $ILP(m^3/km/j) = \frac{\text{Volume journalier perdu}(m^3)}{\text{Longueur totale du réseau}(km)}$
- Densité ou Charge du réseau :  $D(abon./km) = \frac{\text{nombre d'abonnés}}{\text{longueur totale du réseau de distribution}}$

#### **IV.2.6 – Restructuration**

Les solutions proposées sont basées sur le souci de minimiser au maximum les investissements au vu de l'arrivée très prochaine d'un projet de renforcement du système (début des travaux prévu courant 2019) pour répondre aux besoins liés à la croissance démographique. Les schémas des nœuds ont été réalisés à l'aide de *AUTOCAD.2004-2015*

## V - RÉSULTATS

### V.1 - État des lieux

Les tableaux ci-dessous récapitulent les différents états de lieux suivis de quelques commentaires

Tableau 4: Etat des lieux des compteurs et forages

Désignation	DN CTR (mm)	Débit permanent( $Q_3$ ) (m <sup>3</sup> /h)	Type	Hmt (m)	Colonne	Caractéristiques des électropompes			Observations
						Débit (m <sup>3</sup> /h)	Pompe	Moteur (kW)	
Forage F1	50	15	à brides	86	Foraduc	7	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel, CTR surdimensionné
Forage F2	40	10	à douilles	70	PEHD	2	SP5A-17	1,1 KW	Fonctionnel
Forage F3	50	15	à brides	70	Foraduc	2	SP5A-17	1,1 KW	Fonctionnel, CTR surdimensionné
Forage F4	50	10	à brides	86	Foraduc	7	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel
Forage F5	50	15	à brides	86	Foraduc	7	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel, CTR surdimensionné
Forage F6	50	15	à brides	70	Foraduc	4	SP5A-17	1,1 KW	Fonctionnel, CTR surdimensionné
Forage F7	50	15	à brides	86	Foraduc	10	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel
Forage F8	50	15	à brides	86	Foraduc	10	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel
Forage F9	40	10	à douilles	86	PEHD	8	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel
Forage F10	50	15	à brides	86	PEHD	10	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel
Forage F11	40	10	à douilles	70	PEHD	3	SP5A-17	4 KW	Fonctionnel
Forage F12	40	10	à douilles	70	PEHD	4	SP5A-17	1,1 KW	Arrêt pour manque d'eau depuis le mois de septembre 2017
Forage F13	50	15	à brides	86	PEHD	7	SP8A-21	4 KW	Fonctionnel

Il ressort que tous les CTR ont été installés pour fonctionner entre leur débit de transition et leur débit nominaux. Le sur-calibrage de ces compteurs qui ne doivent pas manquer de précision, se compensera par une réduction des Hmt des pompes de quelques mètres (Cf. tableau 4).

Tableau 5:Caractéristiques des compteurs d'eau domestiques :

DN (mm)	Qn (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Qd (m <sup>3</sup> /h)
40	10	16	20	0.16	0.1	0.045
50	15	25	31	0.25	0.156	0.045

Tableau 6:Etat des lieux : système de production

Conduites de refoulement				
	DN [mm]	Longueur[m]	Ratio [%]	État
Canalisations PVC PN10	63	1 137	11	En service
	75	1 281	12	
	90	5 751	54	
	110	537	5	
	160	769	7	
	200	1 207	11	
<b>Total</b>		<b>10 682</b>	<b>100</b>	

## Équipements de commande et de traitement

	Désignation	Nombre	État
Local technique	Armoire de commande	1	fonctionnelle, mais vétuste
	Pompes doseuses Aldos	3	2 fonctionnelles et une(01) en panne

## Robinetterie

Compteur sorti station	DN100	1	non fonctionnel
Vannes	60	1	fonctionnelle
	80	3	fonctionnelle
	100	2	fonctionnelle
	150	1	fonctionnelle
<b>Total</b>		<b>7</b>	
Ventouses	60	1	fonctionnelle
Vidange	80	1	fonctionnelle

Ouvrages de stockage			
Désignation	Capacité (m <sup>3</sup> )	Quantité	État
Château d'eau en béton armé	150	1	Bon état, capacité utile respectée (10% à 30% des besoins, cas d'une adduction de jour pendant les périodes de consommations), mais isolée pour satisfaire la demande dans certaine zones selon les explications du chef du centre.

Tableau 7: Etats des lieux : système de distribution

Conduites				
	DN [mm]	Longueur [m]	Ratio [%]	État
PVC PN10	63	36 394	50	En service
	75	4 323	6	
	90	26 310	36	
	110	5 828	8	
<b>Total-</b>		<b>72 855</b>	<b>100</b>	

Robinetterie			
	DN [mm]	Nombre	État
Vannes	60	78	fonctionnelles
	80	46	fonctionnelles
	100	14	fonctionnelles
<b>Total-</b>		<b>138</b>	
Ventouses	60	3	fonctionnelles
	80	3	fonctionnelles
<b>Total</b>		<b>6</b>	
Vidanges	60	1	fonctionnelle
	80	1	fonctionnelle
<b>Total</b>		<b>2</b>	
Compteur en sortie du château	100	1	non fonctionnel
Poteau d'incendie	-	4	fonctionnel

Points de desserte			
	Nombre	Nombre	État
BF	44	1	Toiture dégradée (BF23)
		1	Non fonctionnelle (BF19)
		1	Manque fréquent d'eau (BF43)
BP	2120		Fonctionnels; mais beaucoup de faible pression et de manque d'eau chez des abonnés

**Commentaire** : dans l'ensemble le réseau de distribution est fonctionnel.

## V.2 - Diagnostic du système et analyse

Un entretien avec le chef du centre et les visites chez certains abonnés font ressortir les constats suivants :

- Le centre est actuellement dans un programme de rationnement pour insuffisance de la ressource.
- Il est difficile de desservir les populations de façon continue à partir du château d'eau (hauteur sous cuve 11 m, hauteur utile d'eau 4 m). En effet le château se remplit d'eau et déborde alors que certains abonnés des secteurs 6 et 2 souffrent de faibles pressions ou de manque d'eau. C'est au vu de ce constat que le chef de centre a opté pour le refoulement distributif. Cette situation peut s'expliquer par la possibilité que certaines vannes qui commandent ces zones soient fermées ou obstrués, il y a lieu donc de vérifier leur état.
- Un abonné du secteur n°6 nous confirme qu'il n'a de l'eau à son robinet qu'entre 4 h et 5 h pendant les périodes chaudes et une légère amélioration en période pluvieuse. Une visite au domicile du chef de centre montre une faible pression (voir photo n°1)
- Les BF n°43, 23 et beaucoup d'autres (signalés par le releveur) que nous n'avons pas pu visiter sont presque constamment en manque d'eau.



Photo n° 1 : branchement domicile du chef de centre



Photo n° 2 : BF n° 43 ou l'on voit des bidons posés en attente de l'arrivée de l'eau

Figure 3: Photos états des lieux: BF&BP

## V.2.1 - Capacité de production

Tableau 8:balance ressource — consommation

PRÉVISIONS	Prévision	Réalisation	Forages	Q <sub>expl.</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Q <sub>réel</sub> obtenu	Pompage [h/j]	Vj/forage [m <sup>3</sup> ]
Pop. agglomération urbaine	29 540		F1	7	7	16	112
Population desservie	29 540		F2	3	2	16	32
Population desservie par BP	19 286		F3	5	2	16	32
Population servie par BF	10 254		F4	7	7	16	112
Consommation moyenne spécifique BP (l/j/h)	39,00		F5	11	7	14	98
Consommation moyenne spécifique BF (l/j/h)	28,00		F6	4	4	14	56
Consommation moyenne par jour BP (m <sup>3</sup> )	752,15		F7	10	10	14	140
Consommation moyenne par jour BF (m <sup>3</sup> )	287,12		F8	10	10	14	140
Consommation moyenne par jour des ménages (m <sup>3</sup> )	1039,27		F9	8	8	12	96
Consommation moyenne par jour Gandes Maisons, m <sup>3</sup>	11,29		F10	10	10	12	120
Consommation moyenne/jour Admin., m <sup>3</sup>	2,81		F11	5	3	16	48
Consommation moyenne/jour Budget. nationale. m <sup>3</sup>	64,30		F12	4	0	16	0
Consommation moyenne par jour Station ONEA, m <sup>3</sup>	0,66		F13	7	7	3	21
Consommation moyenne par jour total, m <sup>3</sup>	1118,32		Total (m <sup>3</sup> )				1071
Rendement réseau	88%		<b>Déficit journalier = 1487 - 1071= 416 m<sup>3</sup></b>				
Besoin moyen journalier	1270,82						
Perte (m <sup>3</sup> )	152,50						
Facteur saisonnier	1,05						
Besoin max. par jour, m <sup>3</sup>	<b>1 487</b>	<b>1 133</b>					

### Commentaire :

On enregistre donc un déficit journalier de **416 m<sup>3</sup>** par rapport à la prévision de couverture de la demande soit un taux de satisfaction de **76%** contre un objectif de **95 %**.

Par ailleurs, la consommation spécifique des BP de 39 l/hb./j contre celle des ODD de 50 l/hb./j témoigne d'un déficit de la ressource. Sur la base de 57l/hb./j, le déficit s'élève à environ **550 m<sup>3</sup>/j**.

### V.2.2 - Réseau d'adduction

Seul le forage F13 qui se trouve éloigné du réseau SONABEL fonctionne avec un groupe électrogène de 20 KVA, les autres forages raccordés à la SONABEL sont commandés à partir de l'armoire électrique qui se trouve dans à la station. Un groupe de secours de 40 KVA qui prend en charge les quatre premiers forages (F1, F2, F3 et F4) de débit cumulé de 17 m<sup>3</sup>/h est juste situé derrière le local technique.

Le traitement consiste à l'injection continue par une pompe doseuse d'une solution d'hypochlorite de calcium (contenue dans un bac de 500 l) dans la conduite principale de refoulement (point de rencontre de tous les forages).

Tableau 9: Vérification du choix des pompes

Forage	Q <sub>n</sub> [m <sup>3</sup> /h]	Hmt [m]	Meilleur choix de pompe	Pompes existantes	Hmt [m]	Observations
F1	7,00	82	SP9-16 ; SP7-23	SP8A-21	86	convenable
F2	3,00	58	SP5A-12N ; SP3A-15N ;	SP5A-17	70	convenable
F3	5,00	62	SP7-12 ; SP5A-17	SP5A-17	70	convenable
F4	7,00	77	SP9-16 ; SP7-23	SP8A-21	86	convenable
F5	11,00	72	SP14-17. ; SP17-28 ;	SP8A-21	86	convenable
F6	4,00	71	SP5A-17 ; SP9-17	SP5A-17	70	convenable
F7	10,00	77	SP9-18 ; SP17-8	SP8A-21	86	convenable
F8	10,00	86	SP11-20 ; SP17-9	SP8A-21	86	convenable
F9	8,00	114	SP9-23N ; SP9-25N	SP8A-21	86	Non convenable
F10	10,00	69	SP9-18 ; SP14-15	SP8A-21	86	convenable
F11	5,00	120	SP7-27 ; SP7-27N	SP5A-38	70	Non convenable
F12	5,00	105	SP7-23 ; SP9-21	SP5A-21	70	Non convenable
F13	7,00	96	SP9-18 ; SP11-20	SP8A-21	86	Non convenable
F14	15,00	76	SP14-20 ; SP17-21 ;	Non encore raccordé		

#### Commentaire :

On constate que 31% (en rouge) des groupes électropompes installés fonctionnent en dessous de leur hauteur manométrique totale. Cette situation ne peut que favoriser une consommation spécifique énergétique élevée aux dépens d'une production d'eau conséquente attendue. Il est à rappeler que tous ces groupes électropompes sont montés en parallèle avec un fonctionnement simultané.

### V.2.3 - Récolement du réseau d'adduction.

Au vu du plan de récolement du réseau de refoulement (Cf. annexe), se dégagent les constats suivants :

- Dysfonctionnements liés aux travaux successifs :
- Des tronçons de petits diamètres encadrent de gros diamètre (A-R1, J1-J2 et F3-J6) °;
- Un tronçon manifestement insuffisant et stratégique se trouve conservé (C5-N10) ;
- Des oppositions de flux s'observent par endroits (nœuds J1, J5, N14, J7...).

Tableau 10:longueurs et références des conduites du réseau de refoulement

Conduites de refoulement		Existant	
	DN [mm]	Longueur [m]	Ratio (%)
Canalisations PVC PN10	63	1 137	11
	75	1 281	12
	90	5 751	54
	110	537	5
	160	769	7
	200	1 207	11
<b>Total</b>	-	<b>10 682</b>	<b>100</b>

#### Commentaire :

L'état des lieux longueurs et références des conduites de refoulement montre que 54% du linéaire est en DN 90 alors que les 46% restants se répartissent respectivement en 11%, 12%, 5%, 7% et 11% entre les DN 63,75,110,160 et 200.

## V.2.4 - Conditions de fonctionnement

Tableau 11: vérification du choix des conduites de refoulements

Tronçon	Débits et dimensionnement					Existants				Commentaire
	Qn_ [m³/h]	DN_int[mm]	DN_ [mm]	V [m/s]	Condition V [m/s]	DN_int[mm]	DN_ [mm]	V [m/s]	Condition V [m/s]	Comparaison
F1-J6	7	57	63	0,76	OK	57	63	0,76	OK	Diamètre bon
F3-J6	5	67,80	75	0,38	OK	67,80	75	0,38	OK	Diamètre bon
J6-J5	12	67,80	75	0,92	OK	57,00	63	1,31	KO	Diamètre petit
F2-J5	3	67,80	75	0,23	OK	57,00	63	0,33	OK	Diamètre bon
F5-J7"	11	67,80	75	0,85	OK	81,40	90	0,59	OK	Diamètre bon
F10-J7"	10	67,80	75	0,77	OK	99,40	110	0,36	OK	Diamètre bon
F4-J7'	7	57,00	63	0,76	OK	81,40	90	0,37	OK	Diamètre bon
F13-J7'	7	57,00	63	0,76	OK	81,40	90	0,37	OK	Diamètre bon
J7'-J7	14	81,40	90	0,75	OK	81,40	90	0,75	OK	Diamètre bon
F9-N14	8	57,00	63	0,87	OK	81,40	90	0,43	OK	Diamètre bon
F11-N12	5	57,00	63	0,54	OK	81,40	90	0,27	OK	Diamètre bon
F12-N12	5	57,00	63	0,54	OK	81,40	90	0,27	OK	Diamètre bon
N12-N14	10	67,80	75	0,77	OK	81,40	90	0,53	OK	Diamètre bon
N14-N2	18	81,40	90	0,96	OK	81,40	90	0,96	OK	Diamètre bon
J7"-J7	21	99,40	110	0,75	OK	99,40	110	0,75	OK	Diamètre bon
J7-N2	35	144,60	160	0,90	OK	99,40	110	1,25	KO	Diamètre petit
N2-J5	53	144,60	160	0,90	OK	144,6	160	0,90	OK	Diamètre bon
J5-C5	68	180,80	200	0,74	OK	144,60	160	1,15	OK	Diamètre bon
F8-A	10	67,80	75	0,77	OK	81,40	90	0,53	OK	Diamètre bon
A-R1	10	67,80	75	0,77	OK	144,60	160	0,17	OK	Diamètre bon
R1-J1	10	67,80	75	0,77	OK	99,40	110	0,36	OK	Diamètre bon
F6-J1	4	57,00	63	0,44	OK	99,40	110	0,14	OK	Diamètre bon
J1-J2	14	81,40	90	0,875	OK	144,60	160	0,24	OK	Diamètre bon
F7-C1	10	67,80	75	0,77	OK	57,00	63	1,09	KO	Diamètre petit
C1-J2	10	67,80	75	0,77	OK	81,40	90	0,53	OK	Diamètre bon
J2-C5	24	99,40	110	0,86	OK	144,60	160	0,41	OK	Diamètre bon
C5-N10	92	180,80	200	1,00	OK	144,60	160	1,56	KO	Diamètre petit
N10-N11	92	180,80	200	1,00	OK	180,80	200	1,00	OK	Diamètre bon
F14-N11	15	81,40	90	0,80	OK	99,40	110	0,54	OK	Diamètre bon
N11-CE	107	226,20	250	0,74	OK	180,80	200	1,16	OK	Diamètre bon

**Commentaire :**

Les calculs de vérification de la capacité de transport des conduites en place laissent paraître que sur 30 tronçons récapitulés :

- 9 fonctionnent avec une vitesse supérieure à 0.80 m/s (Vitesses en rouges);
- 13 avec une vitesse inférieure à 0.50 m/s ;
- 8 seulement respectent une vitesse économique :  $0.50 \text{ m/s} \leq V \leq 0.80 \text{ m/s}$

Ainsi la vitesse minimale de transport de l'eau est 0.14 m/s et la maximale vaut 1.56 m/s.

Tableau 12: Comparaison des diamètres existants et dimensionnés de l'adduction.

Conduites de refoulement		Existants		Dimensionnement	
	DN [mm]	Longueur [m]	Ratio (%)	Longueur [m]	Ratio (%)
Canalisations PVC PN10	63	1 137	<b>11</b>	1 044	<b>10</b>
	75	1 281	<b>12</b>	1 374	<b>13</b>
	90	5 751	<b>54</b>	5 751	<b>54</b>
	110	537	<b>5</b>	237	<b>2</b>
	160	769	<b>7</b>	409,54	<b>4</b>
	200	1 207	<b>11</b>	1 866	<b>17</b>
<b>Total</b>	-	<b>10 682</b>	<b>100</b>	<b>10 682</b>	<b>100</b>

**Commentaire :**

La comparaison de l'existant et du dimensionnement fait ressortir que **46%** des linéaires du refoulement n'ont pas été bien dimensionnés (en rouges).

- 1% de plus sur les diamètres 63 et 75 mm
- 3% de moins sur les diamètres 110 et 160 mm
- 6% de moins sur le diamètre 200 mm

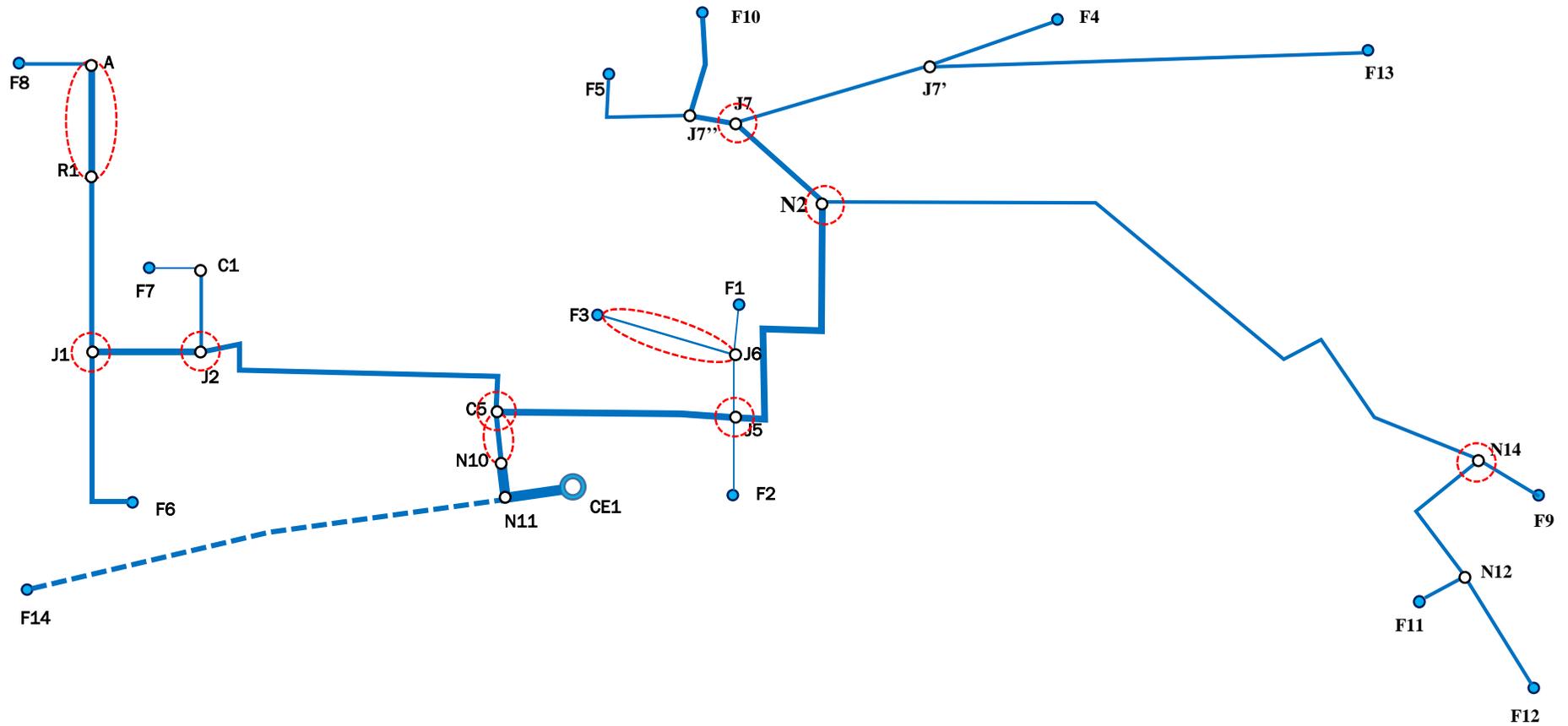
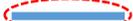


Figure 4: Récolement du réseau de refoulement de Yako

Légende :

-  PVC DN 200 PN 10
-  PVC DN 160 PN 10
-  PVC DN 110 PN 10
-  PVC DN 90 PN 10

-  PVC DN 75 PN 10
-  PVC DN 63 PN 10
-  Tronçon à problèmes de mise en œuvre
-  Nœuds principaux à conflit de flux.

### V.2.5 - Réseau de distribution

La simulation du fonctionnement du réseau en refoulement-distributif laisse ressortir 69 nœuds à pression comprise entre 5 et 10 mCE.

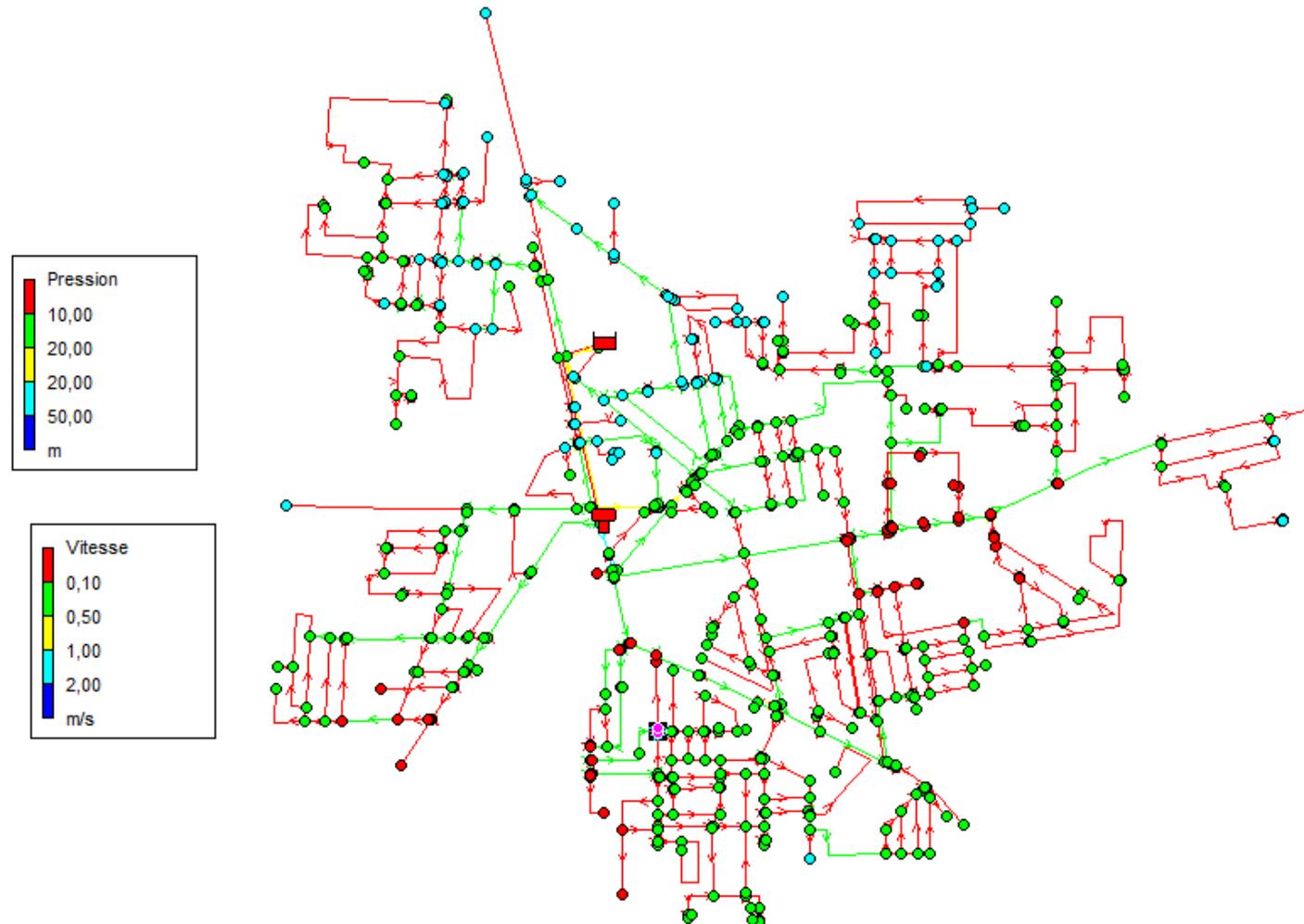


Figure 5: Simulation situation permanente en refoulement distributif.

Celle de la desserte par le château dénombre 129 nœuds à pression inférieure à 10 m (nœuds en rouge) et 09 nœuds à pression inférieure à 5 m.

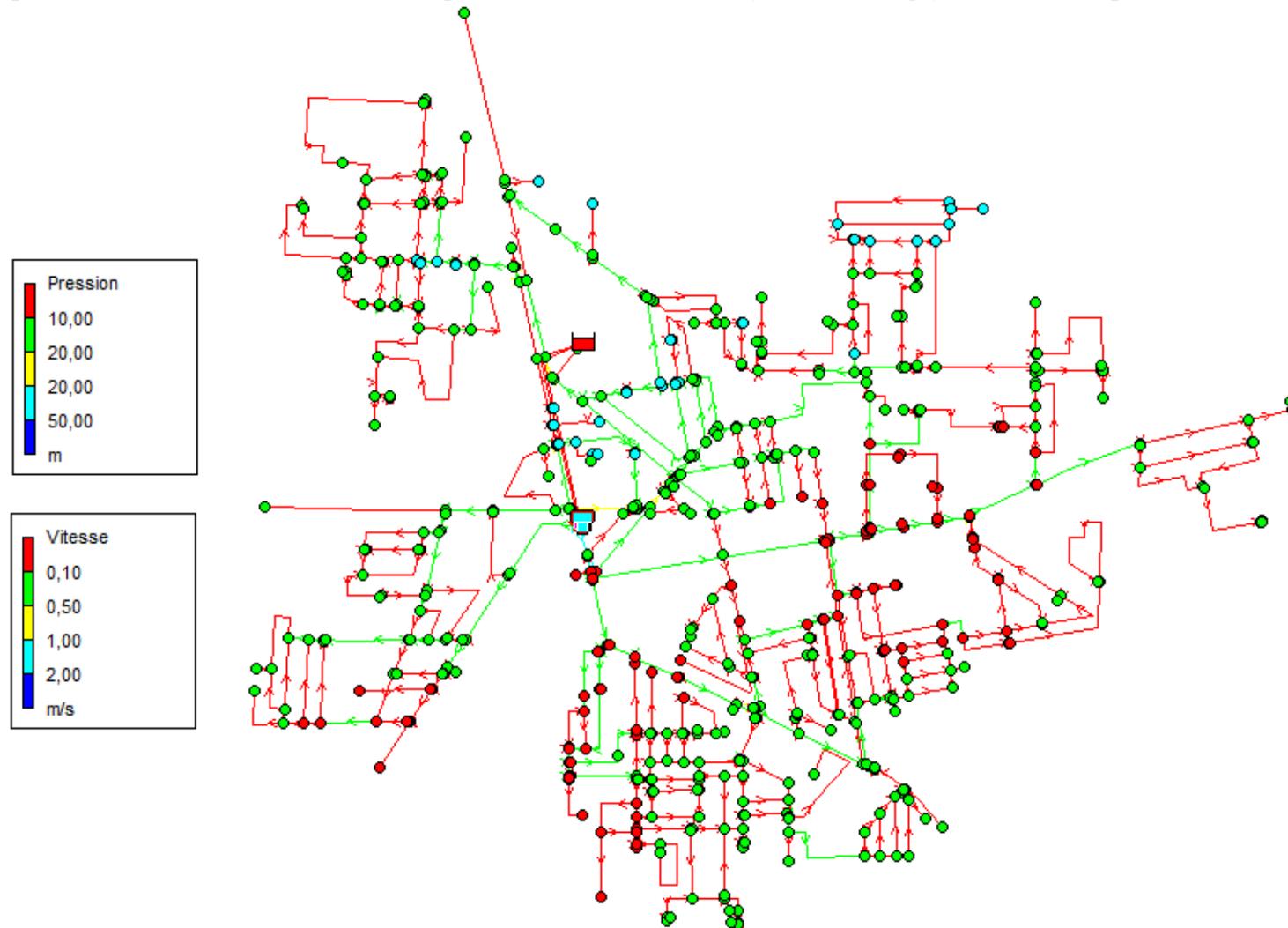


Figure 6: Situation permanente en gravitaire

**Commentaire :**

Les dysfonctionnements suivants sont constatés :

- **Plages de variations des pressions** : Dans l'ensemble les pressions varient entre **5 m** et **25 m** en situation permanente d'alimentation par refoulement distributif et entre **0** à **24 m** en situation permanente d'alimentation gravitaire par le château .Ces résultats attestent du bon choix des PN10.
- Selon les objectifs ONEA on note des faibles pressions ( $PS < 10mCE$ ) chez des abonnées (BP et BF) des secteurs 6 et 2 qui dans tous les cas ont l'eau à des heures de faibles consommations (tardivement dans la nuit au-delà de 22 h).
- Des tronçons tous en PVC PN10 à vitesses non économiques ( $> 0,8m/s$ ) apparaissent. Ils sont au nombre de 14 pour le cas situation en refoulement distributif pour une longueur totale de 281 m et 13 pour la situation permanente en alimentation gravitaire par le château pour une longueur totale de 288 m. Dans tous les cas les vitesses varient entre 0.1 m/s et 1.69 m/s.

Les principaux indicateurs de performances du réseau sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 13:principaux Indicateurs de performance du réseau

Année	2015	2016	2017	1er semestre 2018
Volume produit (m <sup>3</sup> )	388 164	328 676	358 227	193 665
Volumes distribué (m <sup>3</sup> )	276 449	284 593	314 938	164 390
<b>Rendement réseau (R)</b>	<b>71%</b>	<b>87%</b>	<b>88%</b>	<b>85%</b>
Longueur réseau (km)	69,75	70,78	72,86	72,86
Nombre d'abonnés	1463	1617	1808	2164
<b>Densité ou Charge du réseau (abon./km)</b>	<b>20,97</b>	<b>22,85</b>	<b>24,17</b>	<b>25,90</b>
Volume moyen journalier (m <sup>3</sup> )	306	121	119	80,21
<b>I.L.P (m<sup>3</sup>/km/j)</b>	<b>4,39</b>	<b>1,71</b>	<b>1,63</b>	<b>2,20</b>

- **Indice linéaire de perte (ILP)**: la tendance de la variation est en dents de scie et les trois dernières valeurs sont inférieures à la cible de **3 m<sup>3</sup>/km/j**. cet indicateur est jugé bon pour une zone intermédiaire (semi-urbaine) selon les référentiels des distributeurs SAUR et VEOLIA EAU issus de comptes rendus annuels des délégataires relatifs à l'exercice 2004, établis pour des services Girondins. Il n'est donc pas impératif de faire de la recherche de fuite, mais il faudra surveiller cet indicateur de près.

- **Rendement réseau** (ici technique) : 85 % contre 90 %, cet indicateur n'est pas satisfaisant comparativement à la cible, les raisons pourront être la non-maitrise des volumes produits et distribués et la présence de fuites dans le réseau. Mais l'indice linéaire confirme la faible responsabilité des fuites, il faut donc veiller à la fiabilité du comptage.
- **La charge du réseau** : La tendance est à l'augmentation. Cet indicateur est convenable pour une zone intermédiaire ( $20 < D < 50$ ) selon le référentiel Agence de l'Eau Adour Garonne (AEAG) actuellement utilisé dans le cadre du SAGE Nappes Profondes de Gironde.

### V.2.6- Validation de la simulation

Des mesures de débit à l'aide d'un débitmètre ultra flux ont été faites sur le site pour apprécier la fiabilité de la simulation.

- Pour le débit de refoulement, la mesure a été faite sur la conduite de refoulement tronçon en tube PVC PN10 DN90 en position verticale.
- Pour le débit de distribution, une mesure a été faite sur la conduite principale en PVC PN10 DN200 située juste à la sortie de la station.

Tableau 14: Resultats\_débitmetrie

Conduite de mesure	*Q <sub>mesuré</sub> (m <sup>3</sup> /h)	*Q <sub>simulation</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>expl</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Vitesse (m/s)	*Écart (%)	Tolérance (%)	Observation
PVC PN10 DN90, Acier Inox DN100	63	61, 83	63	3,36	-2	±5	Bonne
PVC PN10 DN200	83	84,46	87	0,89	2		Bonne

Les pressions ont été mesurées avec un manomètre.

Au niveau de la salle de chloration des mesures de pressions ont été faites pour créer un fichier de calage de la pression n°445.

;Mesure de la Pression		
;Localisation	Date	Valeur
;-----		
n445	10	22
	16	25
	01	30

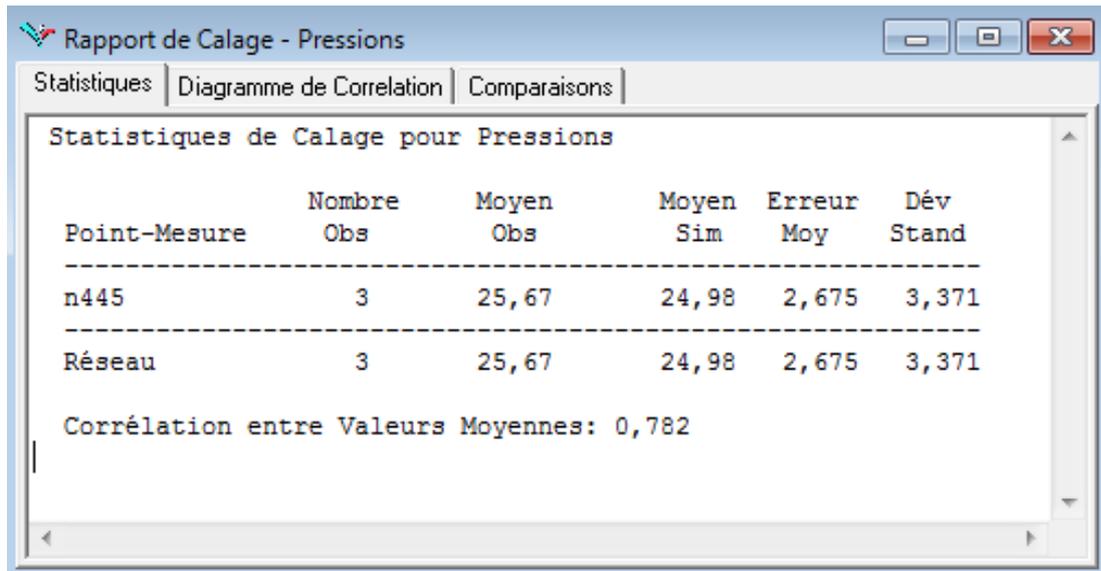


Figure 7 : Statistique de calage pour pressions

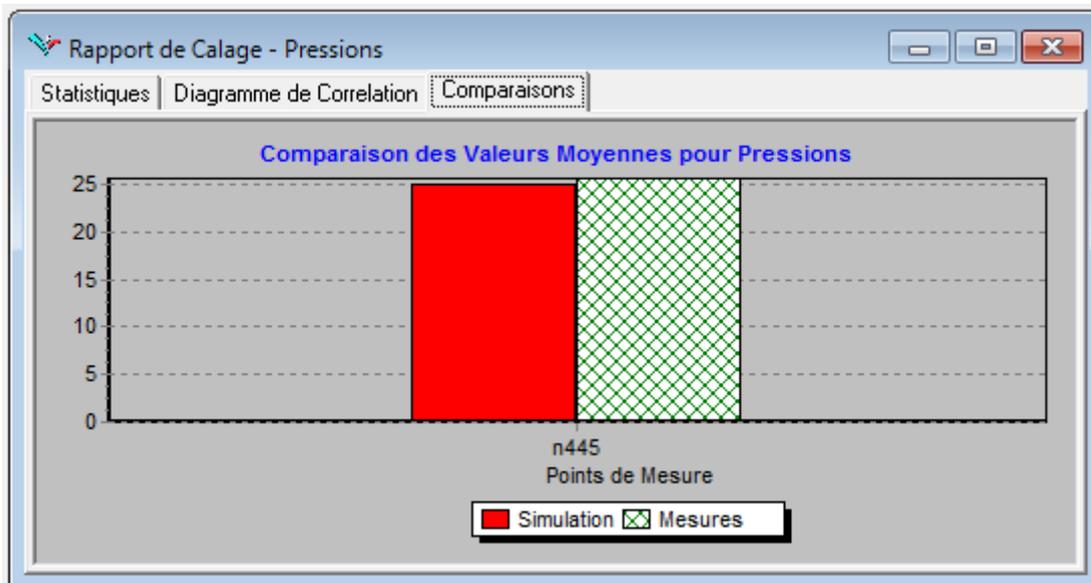


Figure 8 : Comparaisons des valeurs moyennes de pressions

### **Commentaire :**

Les écarts sur les simulations étant dans la tolérance  $\pm 5\%$ , on peut donc admettre que la simulation est acceptable. Cependant, il faudra remplacer les tronçons de la salle de chloration PVC DN90 et Acier inox DN100 (qui véhiculent l'eau avec une vitesse élevée) par une conduite en acier inox DN150.

Par ailleurs le rapport de calages donne une corrélation de 0,78 (proche de 1) et une bonne similarité entre les résultats de la simulation et les mesures de terrains.

## VI - DISCUSSION ET ANALYSE

### VI.1 — Synthèses des dysfonctionnements

Dans l'ensemble, les dysfonctionnements se résument dans le tableau ci-dessous

Tableau 15 : Synthèse des dysfonctionnements

Système	Ouvrage	Dysfonctionnement constaté	Conséquence immédiate
Production	Forage	Baisse de débit des forages	Insuffisance de la ressource en eau entraînant une surexploitation de certains forages
		Pompes sous-dimensionnées	
		forage (F12) à l'arrêt	
	Station	Armoire électrique générale des forages 1 +2 +3 +4 vétuste	Risque de panne
		Pompe doseuse Aldos 10 bars de secours en panne	Risque de mauvaises qualités de l'eau en cas de panne
	Réseau	Des conduites sous-dimensionnées (petits diamètres)	Risque de casses lié à la surpression et majoration des HMT des pompes
Compteur de sortie station non fonctionnel		Non-maitrise des volumes d'eau produits et distribués	
Distribution	Réseau		compteur en sortie château non fonctionnel
		Conduites sous-dimensionnées (vitesses élevées)	Manque d'eau surtout chez les abonnées, des sections Æ, AH, ZY, AD, AP situés dans les secteurs 6 et 2
	BF	Beaucoup de faibles pressions (inférieures à 10 m, voire nulles) constatées au niveau de certains abonnés et BF.	
	BP		
Autres	Des constats de toitures de BF dégradées, de regards-chambres de vannes dégradées et remplies de sachets. Ces constats non en lien direct avec le fonctionnement du système méritent une attention particulière, car pouvant être l'objet de sabotage (surtout les regards non couverts).		

## VI.2 — Analyse critique et interprétation des causes des dysfonctionnements

Tableau 16 : Analyse critique et interprétation des causes

Système	Ouvrage	Dysfonctionnement constaté	Analyse critique et interprétation des causes des dysfonctionnements
Production	Forage	Baisse de débit des forages	pour l'insuffisance de la ressource, soit que les venues d'eau sont colmatées, soit que lesdits forages sont sur une fracture captée par beaucoup d'autres forages. L'association des forages n'est pas optimale (débits cumulés théoriques de 107 m <sup>3</sup> /h contre 84,46 m <sup>3</sup> /h obtenus),
		Pompes sous-dimensionnées	
		Le forage (F12) est à l'arrêt. Le nouveau forage F14 de débit d'exploitation de 15 min 3 s/h qui devait être raccordé courant juin ne l'est toujours pas par manque de matériels.	
Station		Armoire électrique générale des forages 1 +2 +3 +4 vétuste	Câblages en cours
		Pompe doseuse Aldos de 50 l/h, 10 bars de secours en panne	Risque de non traitement de l'eau. Mais une demande d'achat a été émise pour l'acquisition d'une nouvelle pompe
	Réseau	Des conduites sous-dimensionnées	Vitesse d'écoulement élevée, choix du diamètre à poser lors des extensions laissées aux mains du plombier qui agit selon la disponibilité en conduites
Distribution	Réseau	compteur sortie château non fonctionnel	Des relances faites pour le remplacement de ces compteurs sont restées sans suite.
		Conduites sous-dimensionnées	Vitesse d'écoulement élevée, côte radier château d'eau insuffisant. Le choix des diamètres est laissé à l'appréciation des plombiers et aucune simulation n'est faite après pour confirmer ce choix.
	BF	Faibles pressions constatées au niveau de certaines BF	
	BP	Beaucoup de faibles pressions constatées au niveau de certaines zones.	
Autres		Des constats de toitures de BF dégradées et de chambres de vannes dégradées et remplies des sachets. Ces constats méritent une attention particulière, car pouvant favoriser le sabotage ou le vandalisme.	Faible suivi des recommandations du PAM et de suivi des BF ; préoccupation non prioritaire lors de l'adoption du budget.

### **VI.3 — Proposition de solution de restructuration**

Dans le cadre du projet « création de centres de productions », il est prévu de passer à l'utilisation des eaux de surface (car les forages n'arrivent plus à couvrir les besoins et d'autres sont en train de tarir) à partir du barrage Oumarou KANAZOE situé à Toécé à environ 25 km de la ville de Yako. Ce projet alimentera les villes de Yako, Gourcy et Boussé. Les renforcements prévoient à Yako :

- Un château d'eau en béton de 500 m<sup>3</sup>,
- Une station de traitement de 500 m<sup>3</sup>/h,
- Une bâche de stockage en béton d'au moins 500 m<sup>3</sup>

#### **VI.3.1 — Solutions techniques pour la production**

En ce qui concerne le renforcement de la production, nous choisissons comme solution en vue de conserver au maximum les pompes existantes.

##### **VI.3.1.1 — Programmation du fonctionnement des forages par groupes.**

Un tel regroupement vise essentiellement les objectifs suivants :

- diminution des pertes de charge dans le réseau refoulement : en effet toutes les électropompes étant en parallèle, les vitesses résultantes sont très élevées dans certains tronçons et aux nœuds beaucoup plus de turbulences naissent ;
- amélioration des conditions de fonctionnement des groupes électropompes : débitante et rendement.

Ainsi, il a été retenu un regroupement des forages selon deux programmes de pompage de six forages fonctionnant pendant huit heures et l'ensemble des forages en groupe pendant 8 h.

Les résultats des simulations sont consignés dans le tableau n° 10 ci-dessous.

Tableau 17: résultat de la simulation du programme de pompage.

		Débit pompage (Qp)	Qexpl. forage	Prorata	Hmt réelle	Hmt théorique	Temps pompage	Volume journalier
Groupe	ID Arc	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	%	m	m	h	m <sup>3</sup>
<b>Groupe 1</b> 23 h-07 h	Pompe P1	8,03	7	115 %	86	77	8	64,24
	<b>Pompe P2</b>	<b>5,05</b>	<b>3</b>	<b>168 %</b>	70	56	8	40,4
	Pompe P5	9,17	11	83 %	86	66	8	73,36
	Pompe P8	9,61	10	96 %	86	61	8	76,88
	Pompe P11	5,69	5	114 %	70	75	8	45,52
	Pompe P13	7,72	7	110 %	86	80	8	61,76
	<b>Total Groupe 1</b>	<b>45,27</b>	<b>43</b>	<b>105 %</b>			<b>48</b>	<b>362,16</b>
<b>Groupe 2</b> 7 h-15 h	Pompe P1	7,69	7	110 %	86	80	8	61,52
	<b>Pompe P2</b>	<b>4,9</b>	<b>3</b>	<b>163 %</b>	70	58	8	39,2
	Pompe P3	4,67	5	93 %	70	62	8	37,36
	Pompe P4	8,28	7	118 %	86	75	8	66,24
	Pompe P5	8,69	11	79 %	86	70	6	52,14
	Pompe P6	4,72	4	118 %	70	61	6	28,32
	Pompe P7	9,06	10	91 %	86	67	6	54,36
	Pompe P8	9,39	10	94 %	86	63	6	56,34
	Pompe P9	7,02	8	88 %	86	86	4	28,08
	Pompe P10	9,16	10	92 %	86	66	4	36,64
	Pompe P11	4,76	5	95 %	70	86	8	38,08
	Pompe P13	6,93	7	99 %	86	87	8	55,44
	<b>Total Groupe2</b>	<b>85,27</b>	<b>87</b>	<b>98 %</b>			<b>80</b>	<b>553,72</b>
<b>Groupe 3</b> 15 h-23 h	Pompe P3	4,93	5	99 %	70	58	8	39,44
	<b>Pompe P4</b>	<b>8,92</b>	<b>7</b>	<b>127 %</b>	86	68	8	71,36
	Pompe P6	4,89	4	122 %	70	58	8	39,12
	Pompe P9	7,98	8	100 %	86	77	8	63,84
	Pompe P7	9,26	10	93 %	86	64	8	74,08
	Pompe P10	9,59	10	96 %	86	61	8	76,72
<b>Total Groupe 3</b>	<b>46</b>	<b>44</b>	<b>104 %</b>			<b>48</b>	<b>364,56</b>	
<b>Production journalière 3groupes [m<sup>3</sup>]</b>								<b>1280,44</b>
<b>Production journalière toutes pompes en//[m<sup>3</sup>]</b>		<b>85,27</b>						<b>1235,88</b>
<b>Gain programmation pompage [m<sup>3</sup>]</b>								<b>44,56</b>

### **Commentaire :**

Les consignes de l'ONEA stipulent que l'exploitation d'un forage est acceptable si :

**$0,75 \cdot Q_{\text{exp}} \leq Q_p \leq 1,25 \cdot Q_{\text{exp}}$**  et le temps de pompage respecté.

$Q_{\text{expl}}$  étant la consigne de l'hydrogéologue après les essais de pompage.

Suite à cette programmation de pompage, deux forages (F2 et F4) semblent surexploités (en rouges), les performances hydrauliques des autres étant améliorées.

Il faudra donc veiller à ce que les débits des forages F2 et F4 n'excèdent pas respectivement 3,75 m<sup>3</sup>/h 8,75 m<sup>3</sup>/h en les vannant.

On enregistre une augmentation du volume journalier de **44,56 m<sup>3</sup>** (amélioration du rendement production d'environ **4 %**).

#### **VI.3.1.2 — Normalisation des flux d'eau aux nœuds et des diamètres de refoulement**

Il faut revoir les principaux nœuds hydrauliques (voir annexe Figure 4:récolement du réseau de refoulement de Yako) contenant des Tés à angle droit, car il y'a conflit de flux. En effet, les flux s'opposent plutôt que de s'accompagner comme dans le cas d'un té culote. Le débit étant le flux d'une vitesse à travers une section, il serait donc judicieux de remplacer les tés à angle droit par des tés à 45° à brides afin d'optimiser le débit passant au niveau du nœud.

Les tronçons à problèmes de mise en œuvre seront revues et corrigés : il s'agit des tronçons A – R1, J1 – J2, F3 – J6 qui sont encadrés par des petits diamètres. Ainsi A-R1 passe en DN90, J6-J5 en DN75 et C5-N10 en DN200.

Le tronçon local salle de chloration sera révisé en acier inox DN150.

#### **VI.3.1.3 — Renforcement de la ressource**

Accélérer la mise en service du forage F14 qui laisse espérer un apport journalier de 240 m<sup>3</sup> pour un débit d'exploitation de 15 m<sup>3</sup>/h.

#### **VI.3.2 — Solutions techniques pour la distribution**

Au niveau de la distribution, afin de minimiser les coûts d'investissement et tenant compte du fait que le château existant est en bon état même si sa côte radier paraît légèrement faible, nous proposons de faire **quelques maillages (environ 1072 m de canalisation PVC PN10 DN110 à doubler parallèlement)** pour soulager certaines zones de distribution et à l'issue du projet les zones les plus contraignantes seront prise en charge par le nouveau château.

De la simulation du maillage avec un refoulement distributif, seuls 13 nœuds ont une pression comprise entre 5 et 10 mCE



Figure 9 : résultats solution maillage alimentation en refoulement distributif.

La simulation du maillage associé à une desserte par le château montre que 63 nœuds ont une comprise entre 5 et 10 mCE.

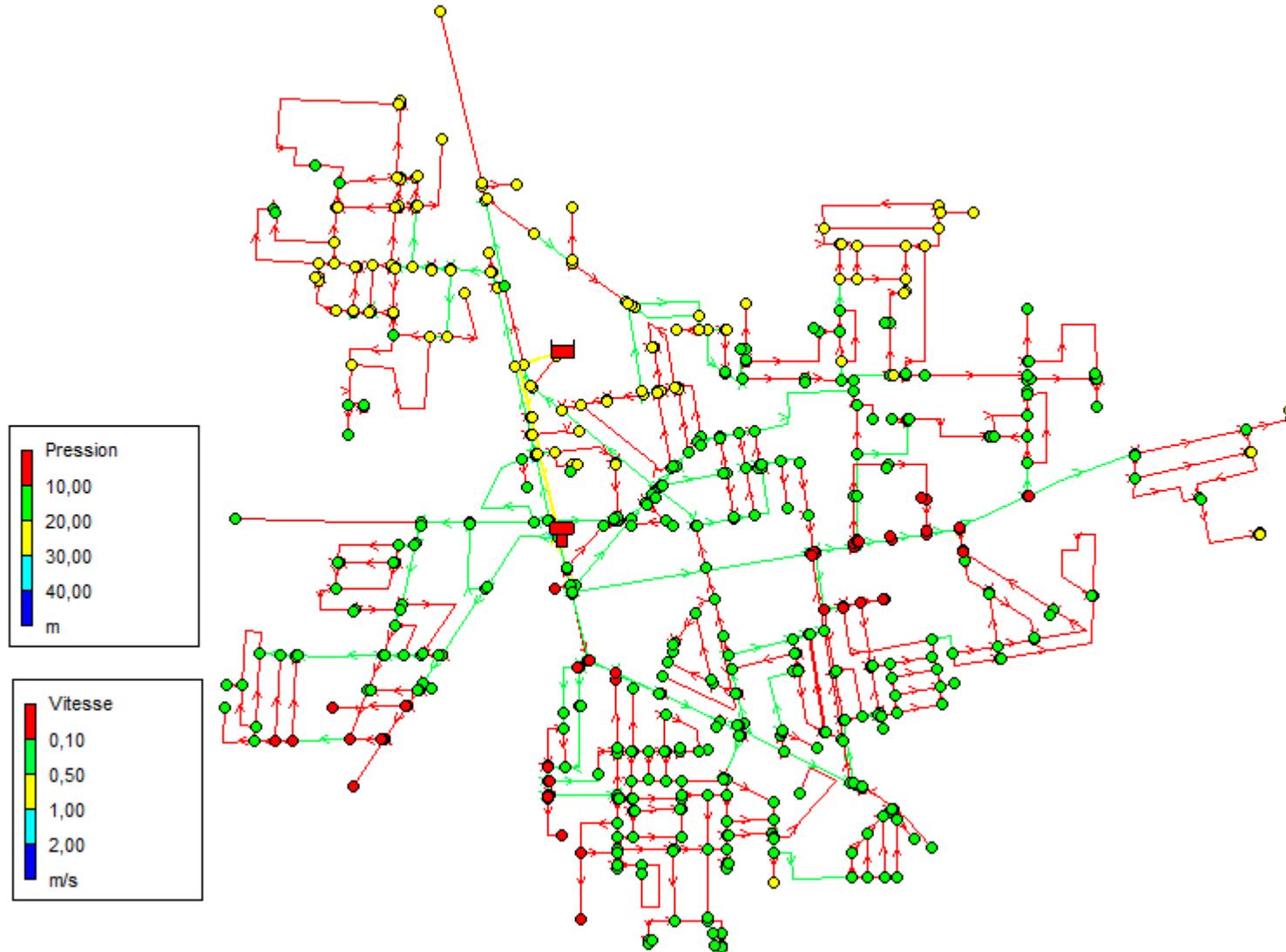


Figure 10: Résultat solution maillage alimentation gravitaire par le château

**Commentaire :**

Les résultats attendus à l'issue du maillage montrent qu'en situation permanente comme en temps réel, la pression minimale de service de 10 m ne peut être totalement assurée à tous les nœuds. On note cependant une réduction du nombre des points insatisfaits qui passe respectivement de **129 à 63** pour l'alimentation gravitaire par le château et de **69 à 13** pour l'alimentation par refoulement dans le réseau. Le modèle Epanet montre que pour satisfaire tous les points, la côte radier du château doit être relevée à **355,11 m** ce qui n'est pas techniquement faisable dans la situation actuelle. Nous préconisons donc de retenir **355,11 m** (soit une hauteur sous cuve de **18 m**) comme côte radier du nouveau château d'eau si toute fois il doit être sur le même site que l'actuel.

**VI.3.3 — Devis estimatif***Tableau 18 : Devis estimatif des travaux de restructuration*

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
<b>I</b>	<b>Production</b>				
I,1	Fourniture et pose de canalisation en acier inox DN150 tronçon salle de chloration (10m) y compris accessoires	FF	1	2 500 000	2 500 000
I,2	Fourniture et pose de canalisation PVC PN10 DN75	ml	80	4 500	360 000
I,3	Fourniture et pose de canalisation PVC PN10 DN90		60	5 000	300 000
I,4	Fourniture et pose d'un débitmètre DN80	u	1	1 200 000	1 200 000
I,5	Fourniture et pose de grillage avertisseur bleu (1 rouleau)	u	1	2 000	2 000
I,6	Adapt.bride f/PVC DN 063 PN 16	u	2	8 500	17 000
I,7	Adapt.bride f/PVC DN090 PN 16	u	7	12 500	87 500
I,8	Adapt.bride f/PVC DN110 PN 16	u	2	14 000	28 000
I,9	Adapt.bride f/PVC DN 160 PN 16	u	12	22 300	267 600
I,10	Cône fonte 2B DN100/060 PN 16	u	1	25 000	25 000
I,11	Cône fonte 2B DN100/080 PN 16	u	2	25 000	50 000
I,12	Cône fonte 2B DN150/100 PN 16	u	3	36 000	108 000
I,13	Coude fonte 2B DN080 45° PN16	u	3	26 000	78 000
I,14	Coude fonte 2B DN100 45° PN16	u	1	24 800	24 800
I,15	Vanne plate ES DN 150 PN 16	u	2	206 000	412 000

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total
I,16	Té à 45° à brides DN080 PN 16	u	2	70 000	140 000
I,17	Té à 45° à brides DN100 PN 16	u	2	85 000	170 000
I,18	Té à 45° à brides DN150 PN 16	u	2	100 000	200 000
I,19	Té à 45° à brides DN150/100 PN 16	u	3	125 000	375 000
I,20	Joint plat DN80	u	5	650	3 250
I,21	Joint plat DN100	u	5	750	3 750
I,22	Joint plat DN150	u	5	1 050	5 250
I,23	Boulons acier 16/80	u	250	520	130 000
	<b>Total production</b>				<b>6 487 150</b>
<b>II</b>	<b>Distribution</b>				
II, 1	Fourniture et pose de compteur général à bride DN100	u	1	400 000	400 000
II, 2	Fourniture et pose de grillage avertisseur bleu (1 rouleau)	u	11	2 000	22 000
II, 3	Fourniture et pose de canalisation PVC PN10 DN110	ml	1 080	6 000	6 480 000
II, 4	Té fonte 3 Brides DN 100 PN 16	u	6	67 000	402 000
II, 5	Adapt.bride f/PVC DN 110 PN16	u	10	15 000	150 000
II, 6	Adapt.bride PVC DN 90 PN16	u	3	13 000	39 000
II, 7	Coude fonte 2B DN100 90 ° PN16	u	2	25 000	50 000
II, 8	Coude fonte 2B DN080 90 ° PN16	u	1	22 000	22 000
II, 9	Coude fonte 2B DN100 11 ° PN16	u	1	34 000	34 000
II, 10	Vanne plate ES DN 100 PN 16	u	2	121 000	242 000
II, 11	Joint plat DN80	u	5	650	3 250
II, 12	Joint plat DN100	u	5	750	3 750
II, 13	Boulons acier 16/80	u	150	520	78 000
	<b>Total distribution</b>				<b>8 246 250</b>
	<b>TOTAL GÉNÉRAL HTVA</b>				<b>14 733 400</b>

Le devis estimatif de l'ensemble des travaux s'élève à **quatorze-millions-sept-cent-trente-trois-mille-quatre-cents (14 733 400) francs CFA hors TVA.**

## **VII – CONCLUSION**

Les principaux résultats de la présente sont que globalement le système AEP de la ville de Yako est fonctionnel, mais on enregistre un déficit de la ressource et de faibles pressions voire manque d'eau au niveau des zones hautes. La principale raison est que les infrastructures ne répondent plus au mode de fonctionnement actuel. Les solutions de restructuration retenues sont essentiellement une organisation par groupe du pompage, la révision de certains tronçons, une révision de la conception des nœuds et un maillage sur la distribution. L'enrichissement des plans réseau, la mise en œuvre du programme de pompage dès le début du mois d'octobre et la disponibilité d'un modèle hydraulique sont déjà des acquis pour la DRNO, cependant les principales difficultés et défis auxquels la direction devra faire face sont la mise à jour continue des plans, l'élaboration des schémas des nœuds du réseau de distribution.

## VIII - RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Durant l'étude des insuffisances ont été détectées et les principales recommandations par ordre de priorité pour d'éventuelles améliorations sont essentiellement :

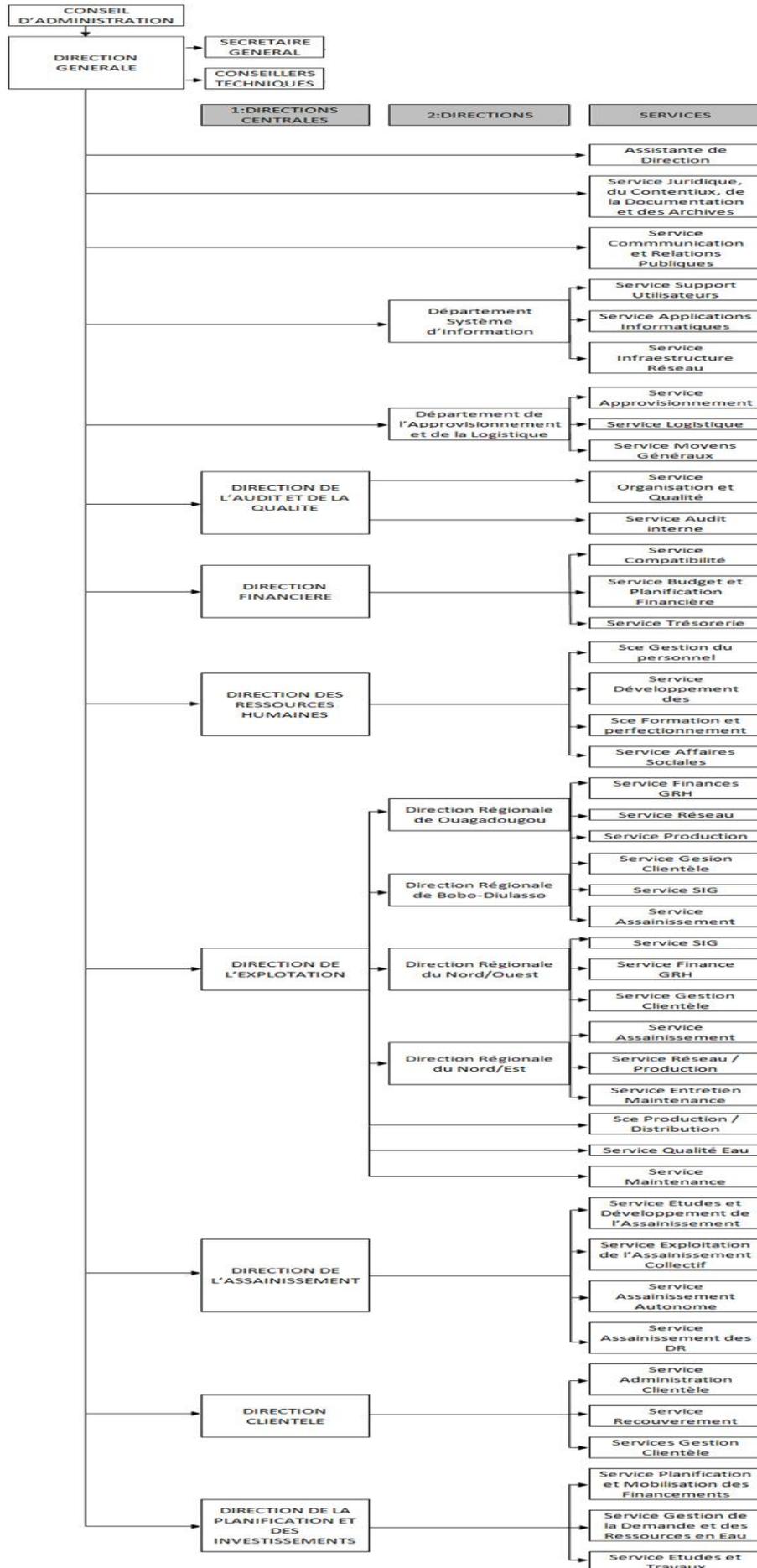
- Accélérer le raccordement du forage F14 qui apportera un débit théorique de 15 m<sup>3</sup>/h,
- la prise en mains des extensions de réseau qui semble être laissée aux mains des plombiers
- La mise à jour des plans doit se poursuivre rigoureusement en s'inspirant du modèle de la DRO.
- Il y a lieu de nettoyer et de surveiller régulièrement les chambres de vannes dont beaucoup sont actuellement dans un état de délabrement,
- remplacer les principaux compteurs de productions et de distributions par des débitmètres afin de mieux maîtriser les volumes produits et distribués,
- fixer la côte minimale exploitable du nouveau château à 356 m si toute fois il doit être réalisé sur le site de l'actuel château.

## X - BIBLIOGRAPHIE

- Rapports mensuels et annuels d'exploitation ONEA de la DRNO 2016-2017-2018,
- Rapport « Projections démographiques des communes du Burkina Faso de 2007 à 2020 » de l'INSD
- Plan de Développement du Système d'Alimentation en Eau potable de la ville de Yako – ONEA/DPI/SPMF version juillet 2018
- Cours d'approvisionnement en eau potable – EIER novembre 2004 — D. Zoungrana
- Ouvrages constitutifs des systèmes d'AEP/Adductions, réservoirs, distributions — Béga U. OUEDRAOGO — Tirage avril 2005.
- Essentiel de Dimensionnement des Ouvrages hydrauliques et électromécaniques Dr Lawani A. MOUNIROU Édition janvier 2018
- Essentiel de Pompes et Stations de Pompage Dr Lawani A. MOUNIROU Édition janvier 2018
- Technologie Comptage ZENNER International GmBh&CO.KG
- Cours d'hydraulique en charge 2iE Ouagadougou Dr BIAOU Chabi Angelbert 2009
- ETSHER/DE/E & A. Technologie de pose de réseau d'eau sous pression de Moussa OUEDRAOGO. Juin 2005.
- RapportReferencesILP2009.doc Application dans le contexte du SAGE Nappes Profondes de Gironde.

## **XI – ANNEXE**

## XI.1 — Organigramme ONEA (version 2011)



XI.2 - Etat des lieux

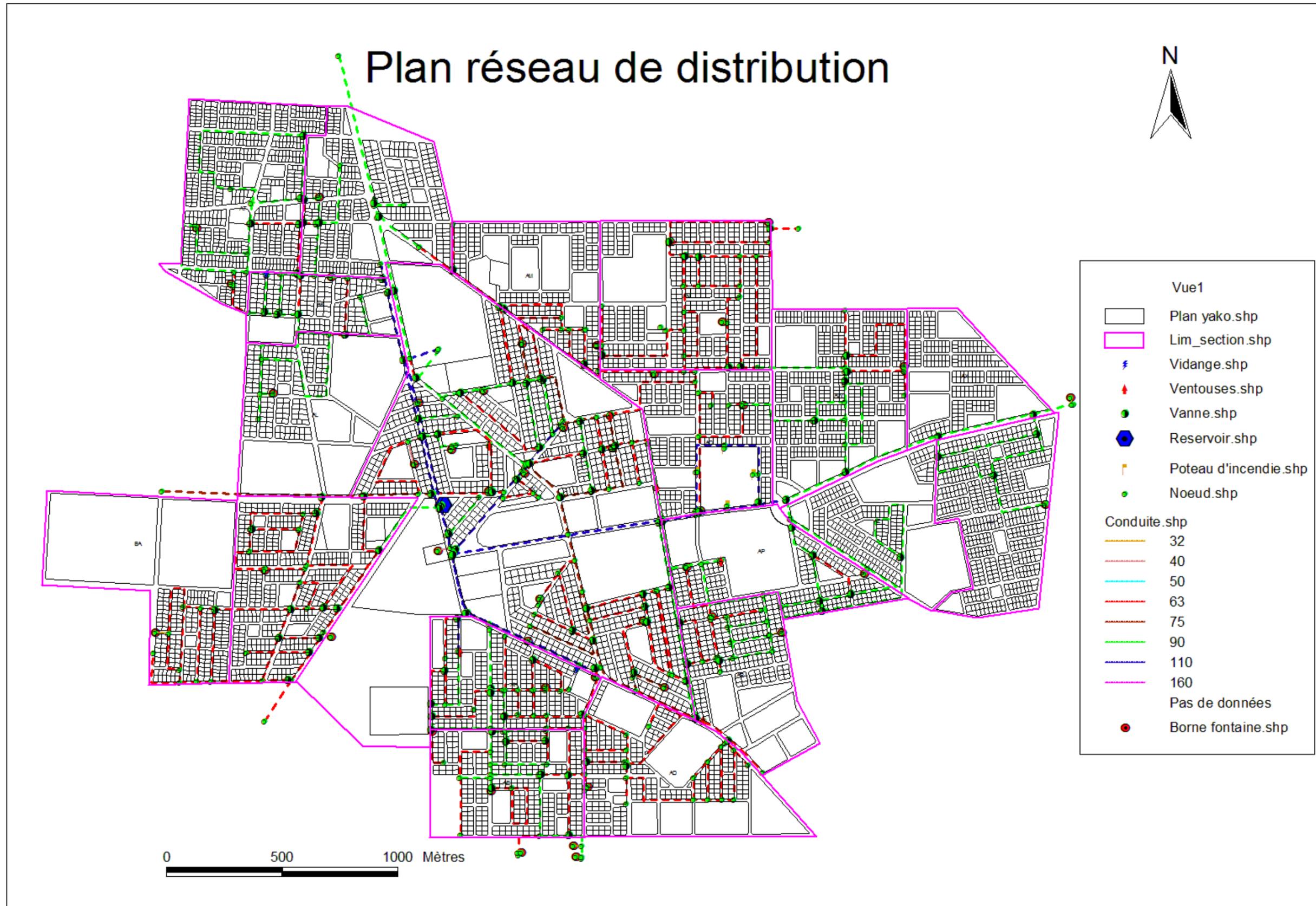




Photo n° 5 : vue intérieure regard by-pass au niveau du château d'eau



Photo n° 6 : vue regard nœud J7 « (jonction F5 et F10) du réseau de refoulement



Photo n° 7 : vue d'une canalisation et accessoire salle de chloration : tuyauterie oxydée

## **XI.3 — Diagnostic**

Jour 1, 12:00 AM

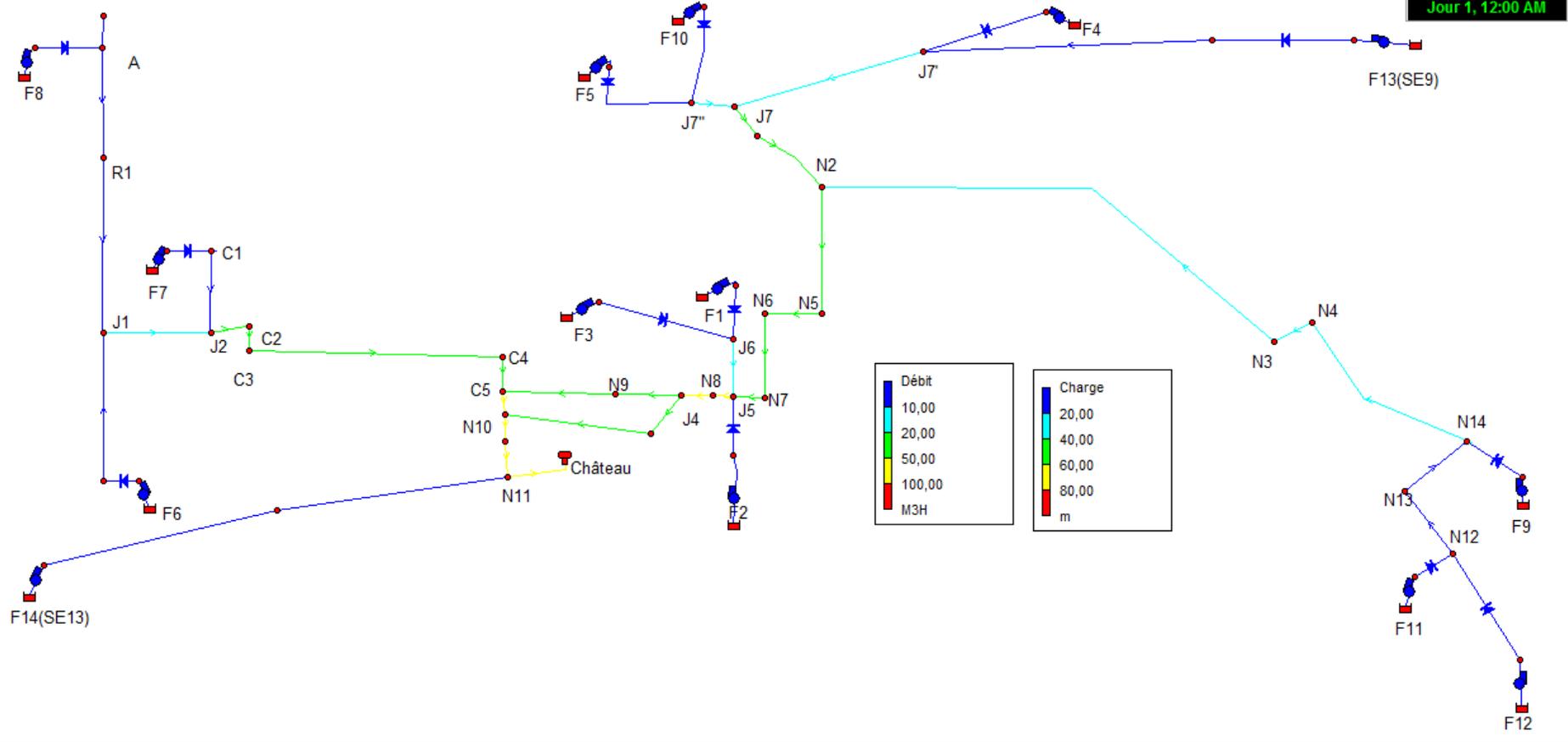


Figure 11: Simulation refoulement

Tableau 19 : faibles pression aux nœuds de distributions

État des Nœuds du Réseau : En alimentation par refoulement distributif				
	Altitude	Demande	Pression	Commentaire
	m	l/s	m	
Nœud n527	336	0	9,84	Faible pression
Nœud n528	334	0,15	9,81	Faible pression
Nœud n529	334	0	9,81	Faible pression
Noeud n530	336	0	9.79	Faible pression
Noeud n531	334	0	9.77	Faible pression
Noeud n532	334	0.01	9.67	Faible pression
Noeud n533	336	0	9.67	Faible pression
Noeud n534	332	0	9.67	Faible pression
Noeud n535	340	0	9.46	Faible pression
Noeud n536	338	0.01	9.46	Faible pression
Noeud n537	340	0.01	9.16	Faible pression
Noeud n538	338	0	9.16	Faible pression
Noeud n539	340	0	8.99	Faible pression
Noeud n540	340	0	8.95	Faible pression
Noeud n541	328	0	8.93	Faible pression
Noeud n542	326	0	8.93	Faible pression
Noeud n543	326	0	8.89	Faible pression
Noeud n544	336	0.03	8.88	Faible pression
Noeud n545	336	0	8.88	Faible pression
Noeud n546	328	0	8.88	Faible pression
Noeud n547	334	0	8.79	Faible pression
Noeud n548	332	0	8.66	Faible pression
Noeud n549	332	0.07	8.66	Faible pression
Noeud n550	328	0.09	8.66	Faible pression
Noeud n551	332	0	8.6	Faible pression
Noeud n552	338	0	8.6	Faible pression
Noeud n553	340	0.02	8.57	Faible pression
Noeud n554	338	0	8.57	Faible pression
Noeud n555	340	0	8.56	Faible pression
Noeud n556	342	0.06	8.55	Faible pression
Noeud n557	338	0	8.42	Faible pression
Noeud n558	326	0.14	8.39	Faible pression
Noeud n559	324	0	8.05	Faible pression
Noeud n560	330	0	8.05	Faible pression
Noeud n561	332	0	8.03	Faible pression
Noeud n562	336	0	8.03	Faible pression
Noeud n563	340	0.01	8.02	Faible pression
Noeud n564	340	0	8.02	Faible pression
Noeud n565	324	0.01	7.93	Faible pression
Noeud n566	324	0.09	7.91	Faible pression

État des Nœuds du Réseau : En alimentation par refoulement distributif				
	Altitude	Demande	Pression	Commentaire
	m	l/s	m	
Noeud n567	324	0	7.91	Faible pression
Noeud n568	324	0.03	7.91	Faible pression
Noeud n569	324	0.01	7.9	Faible pression
Noeud n570	324	0	7.84	Faible pression
Noeud n571	330	0	7.83	Faible pression
Noeud n572	326	0.21	7.83	Faible pression
Noeud n573	326	0	7.8	Faible pression
Noeud BF_044	326	0.03	7.79	Faible pression
Noeud n575	326	0.01	7.79	Faible pression
Noeud BF_012	326	0.03	7.79	Faible pression
Noeud n577	328	0	7.79	Faible pression
Noeud n578	338	0.01	7.76	Faible pression
Noeud n579	336	0	7.76	Faible pression
Noeud n580	338	0	7.74	Faible pression
Noeud n581	326	0	7.74	Faible pression
Noeud n582	324	0	7.67	Faible pression
Noeud n583	340	0	7.67	Faible pression
Noeud n584	338	0.01	7.66	Faible pression
Noeud n585	324	0.08	7.64	Faible pression
Noeud n586	326	0.07	7.03	Faible pression
Noeud n587	342	0.03	6.88	Faible pression
Noeud BF_042	336	0.03	6.87	Faible pression
Noeud n589	334	0.06	6.56	Faible pression
Noeud n590	336	0	6.39	Faible pression
Noeud n591	334	0	5.9	Faible pression
Noeud BF_043	338	0.03	5.9	Faible pression
Noeud 1	332	0.02	5.9	Faible pression
Nœud 2	330	0,05	4	Faible pression
Nœud 3	330	0	0	Faible pression
Bâche 4	353	-13,14		Faible pression
Réservoir CE	348,11	0		Faible pression
				69

Tableau 20: Vitesse non économiques situation refoulement distributif

État des Arcs du Réseau : En alimentation par refoulement distributif				
	Longueur	Diamètre	Vitesse	Commentaire
ID Arc	m	mm	m/s	Sur la vitesse
Tuyau p34	1,99	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p36	7,25	99,4	1,23	Non économique
Tuyau p82	47,90	57	0,9	Non économique
Tuyau p90	8,74	57	0,9	Non économique
Tuyau p115	56,78	99,4	1,1	Non économique

État des Arcs du Réseau : En alimentation par refoulement distributif				
	Longueur	Diamètre	Vitesse	Commentaire
ID Arc	m	mm	m/s	Sur la vitesse
Tuyau p135	24,02	99,4	1,1	Non économique
Tuyau p140	8,08	57	0,87	Non économique
Tuyau p392	1,26	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p393	1,27	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p395	0,95	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p399	2,20	57	0,88	Non économique
Tuyau p401	2,23	57	0,88	Non économique
Tuyau p683	118,10	99,4	1,11	Non économique
Tuyau 7	1	99,4	1,69	Non économique
<b>TOTAL</b>	<b>282</b>			<b>14</b>

Tableau 21 : faibles pression \_situation gravitaire

État des Nœuds du Réseau				
	Altitude	Demande	Pression	Commentaire
ID Noeud	m	LPS	m	
Nœud n1	338	0,02	8,42	Faible pression
Nœud n3	338	0	8,42	Faible pression
Noeud n4	338	0	8.42	Faible pression
Noeud n6	338	0	8.42	Faible pression
Noeud n13	338	0.01	8.4	Faible pression
Noeud n22	338	0.01	8.4	Faible pression
Noeud n23	338	0	8.39	Faible pression
Noeud n48	338	0	9.51	Faible pression
Noeud n49	340	0.03	7.46	Faible pression
Noeud n50	338	0	9.48	Faible pression
Noeud n62	338	0.01	8.22	Faible pression
Noeud n66	338	0.02	8.17	Faible pression
Noeud n82	336	0.03	9.27	Faible pression
Noeud n130	338	0	8.27	Faible pression
Noeud n135	338	0.01	9.77	Faible pression
Noeud n143	338	0.03	8.78	Faible pression
Noeud BF_006	338	0.03	8.78	Faible pression
Noeud BF_015	340	0.03	7.77	Faible pression
Noeud n210	338	0.02	8.71	Faible pression
Noeud n211	338	0.11	8.89	Faible pression
Noeud n212	338	0.02	8.72	Faible pression
Noeud n215	338	0.02	8.4	Faible pression
Noeud n222	338	0.01	8.39	Faible pression
Noeud n232	338	0	8.09	Faible pression
Noeud n233	338	0.01	8.12	Faible pression
Noeud n235	340	0.01	5.91	Faible pression
Noeud n236	340	0.02	5.9	Faible pression

État des Nœuds du Réseau	Altitude	Demande	Pression	Commentaire
Noeud n237	340	0.01	5.91	Faible pression
Noeud n238	342	0.06	3.9	Faible pression
Noeud n239	336	0.01	9.87	Faible pression
Noeud n241	336	0.02	9.86	Faible pression
Noeud n245	338	0	8.03	Faible pression
Noeud n247	338	0.02	8.07	Faible pression
Noeud n252	338	0	8.07	Faible pression
Noeud n253	338	0.04	8.09	Faible pression
Noeud n260	338	0.01	7.85	Faible pression
Noeud n267	336	0.05	9.1	Faible pression
Noeud n268	338	0.06	7.16	Faible pression
Noeud n270	336	0.11	9.08	Faible pression
Noeud n271	336	0	9.08	Faible pression
Noeud n272	336	0.07	9.08	Faible pression
Noeud n275	340	0	6.95	Faible pression
Noeud n276	342	0.04	5.04	Faible pression
Noeud n277	340	0	7.46	Faible pression
Noeud n278	340	0.05	6.42	Faible pression
Noeud n279	340	0.01	6.99	Faible pression
Noeud n280	340	0.01	6.93	Faible pression
Noeud n285	338	0.03	8.39	Faible pression
Noeud BF_027	338	0.03	8.39	Faible pression
Noeud n287	338	0	8.39	Faible pression
Noeud n315	342	0.02	4.39	Faible pression
Noeud n316	338	0	8.39	Faible pression
Noeud n319	336	0.02	9.85	Faible pression
Noeud n322	336	0.01	9.85	Faible pression
Noeud n337	342	0.01	6.88	Faible pression
Noeud n338	344	0	4.88	Faible pression
Noeud n340	340	0.01	8.77	Faible pression
Noeud n341	342	0	6.88	Faible pression
Noeud n343	342	0.04	6.79	Faible pression
Noeud n347	342	0	6.88	Faible pression
Noeud n348	344	0.05	4.87	Faible pression
Noeud n350	338	0	9.46	Faible pression
Noeud n351	340	0.02	5.67	Faible pression
Noeud n352	340	0	5.67	Faible pression
Noeud n353	340	0	5.83	Faible pression
Noeud n354	340	0	5.79	Faible pression
Noeud n355	340	0.01	5.79	Faible pression
Noeud n356	340	0.02	5.84	Faible pression
Noeud n357	340	0	5.84	Faible pression
Noeud n358	340	0.01	5.74	Faible pression

État des Nœuds du Réseau	Altitude	Demande	Pression	Commentaire
Noeud n359	338	0.01	7.81	Faible pression
Noeud n360	340	0	5.8	Faible pression
Noeud n361	340	0	5.75	Faible pression
Noeud n362	340	0	5.64	Faible pression
Noeud n363	340	0	5.93	Faible pression
Noeud n364	340	0.01	6.02	Faible pression
Noeud n365	340	0	6.02	Faible pression
Noeud n389	340	0	6.05	Faible pression
Noeud n390	340	0	6.03	Faible pression
Noeud n391	340	0	6.03	Faible pression
Noeud n408	336	0.02	9.79	Faible pression
Noeud n409	340	0.04	5.76	Faible pression
Noeud n410	338	0	7.81	Faible pression
Noeud n411	338	0	7.79	Faible pression
Noeud n412	340	0	5.76	Faible pression
Noeud n413	340	0	5.79	Faible pression
Noeud BF_014	340	0.03	5.79	Faible pression
Noeud n425	336	0.02	9.87	Faible pression
Noeud BF_029	340	0.03	5.91	Faible pression
Noeud BF_019	336	0.03	9.87	Faible pression
Noeud n433	340	0.02	6.56	Faible pression
Noeud n434	340	0.03	6.57	Faible pression
Noeud BF_030	340	0.03	6.55	Faible pression
Noeud n457	338	0	8.89	Faible pression
Noeud n459	342	0	3.9	Faible pression
Noeud n460	342	0	3.9	Faible pression
Noeud n461	338	0.06	8.03	Faible pression
Noeud n477	340	0	6.05	Faible pression
Noeud n478	338	0.04	8.07	Faible pression
Noeud n483	340	0.02	6.39	Faible pression
Noeud n484	338	0	7.16	Faible pression
Noeud n489	338	0	7.67	Faible pression
Noeud n490	340	0.01	5.66	Faible pression
Noeud n492	336	0.01	9.67	Faible pression
Noeud n493	338	0.07	7.67	Faible pression
Noeud n494	336	0.09	9.68	Faible pression
Noeud n495	336	0	9.67	Faible pression
Noeud n496	336	0	9.67	Faible pression
Noeud n497	336	0.01	9.67	Faible pression
Noeud n525	338	0	7.67	Faible pression
Noeud n527	336	0	9.67	Faible pression
Noeud n535	340	0	6.93	Faible pression
Noeud n536	338	0.01	8.76	Faible pression

État des Nœuds du Réseau	Altitude	Demande	Pression	Commentaire
Noeud n537	340	0.01	6.66	Faible pression
Noeud n538	338	0	8.72	Faible pression
Noeud n539	340	0	6.66	Faible pression
Noeud n540	340	0	6.66	Faible pression
Noeud n553	340	0.02	8.9	Faible pression
Noeud n555	340	0	8.9	Faible pression
Noeud n556	342	0.06	6.89	Faible pression
Noeud n563	340	0.01	6.6	Faible pression
Noeud n564	340	0	6.6	Faible pression
Noeud n578	338	0.01	8.27	Faible pression
Noeud n580	338	0	8.12	Faible pression
Noeud n583	340	0	6.57	Faible pression
Nœud n584	338	0,01	8,27	Faible pression
Nœud n587	342	0,03	4,56	Faible pression
Bâche 4	353	-0,04	0	Faible pression
Réservoir CE	348,11	-13,1	2	Faible pression
				129

Tableau 22: vitesse non économique situation gravitaire

État des Arcs du Réseau	Longueur	Diamètre	Vitesse	Commentaire
ID Arc	m	mm	m/s	
Tuyau p34	1,99	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p36	7,25	99,4	1,23	Non économique
Tuyau p82	47,90	57	0,9	Non économique
Tuyau p90	8,74	57	0,9	Non économique
Tuyau p115	56,78	99,4	1,1	Non économique
Tuyau p135	24,02	99,4	1,1	Non économique
Tuyau p140	8 080	57	0,87	Non économique
Tuyau p391	1,44	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p395	0,95	99,4	1,69	Non économique
Tuyau p399	2,20	57	0,88	Non économique
Tuyau p401	2,23	57	0,88	Non économique
Tuyau p683	118,10	99,4	1,11	Non économique
Tuyau 2	8,38	99,4	1,69	Non économique
<b>TOTAL</b>	<b>289</b>			<b>13</b>

### XI.4 —Restructuration

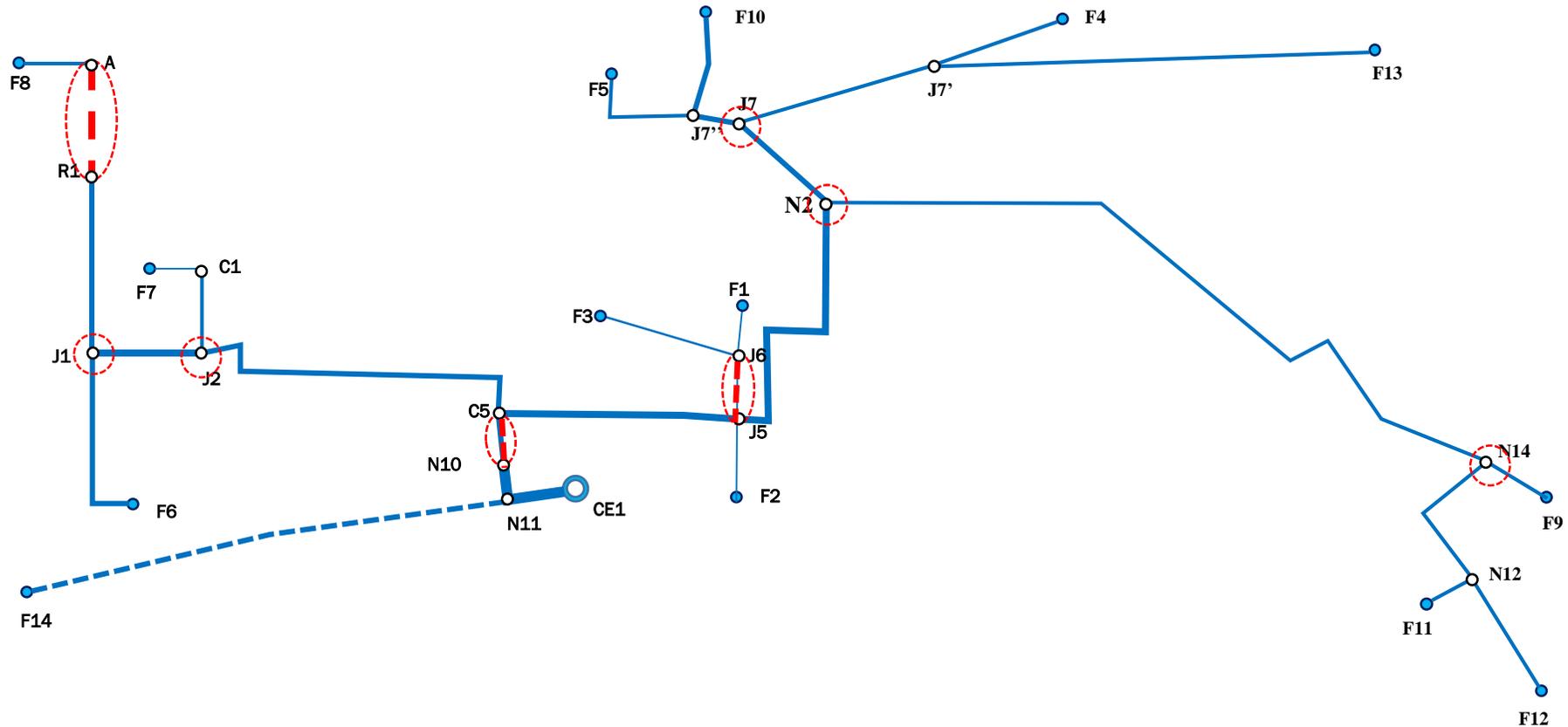


Figure 12 : projet restructuration du réseau de refoulement

Légende :



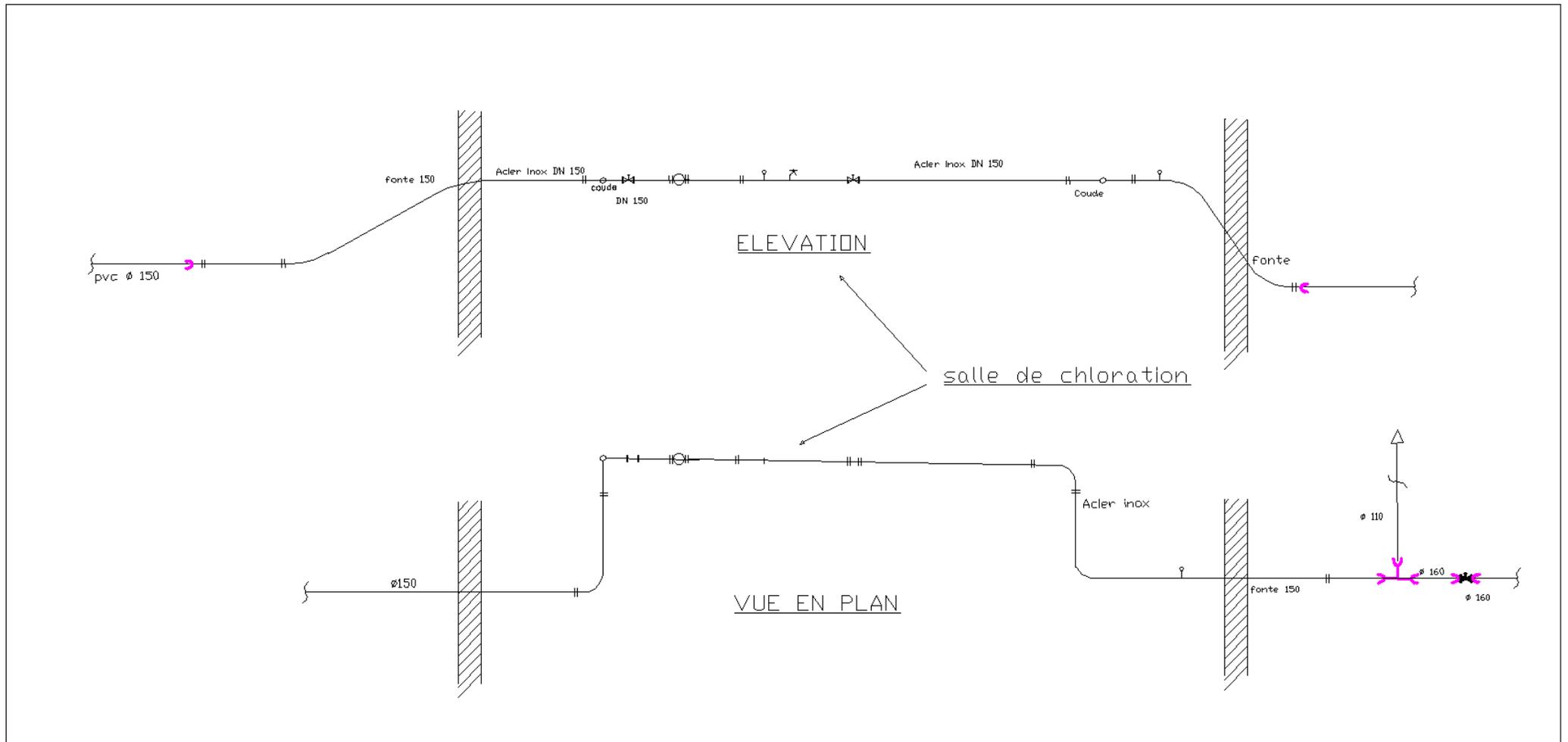
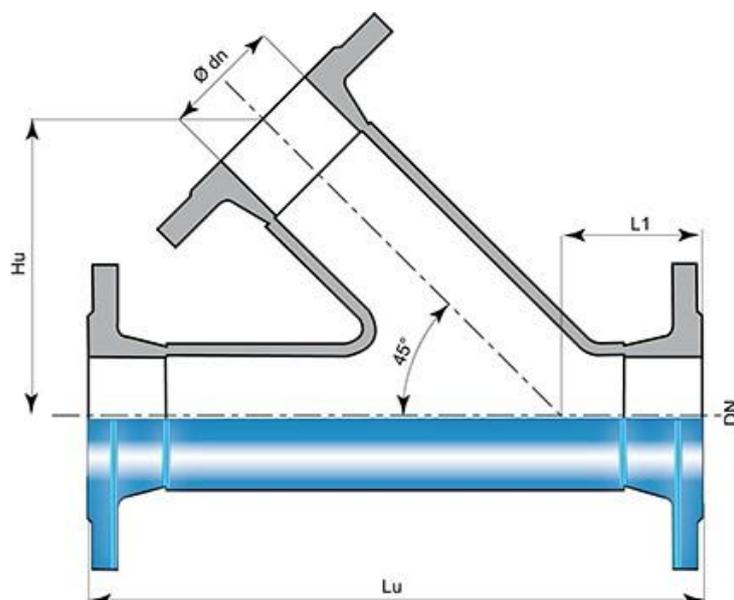


Figure 13 : projet restructuration salle de chloration

## Té à 45° à brides fixes DN80-400



DN	Ø dn	Lu	L1	Hu	Masse PN10	Masse PN16	Masse PN25	Référence PN10	Référence PN16	Référence PN25
mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg			
80	80	400	91	195	21.0	21.0	21.0	BBA80TU1ETT	BBA80TU1ETT	BBA80TU1ETT
100	80	430	125	215	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
100	100	430	102	215	27.0	27.0	-	BBB10TU1FTT	BBB10TU1FTT	Nous consulter
150	100	530	118	270	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
150	150	530	88	270	47.0	47.0	-	BBB15TU1JTT	BBB15TU1JTT	Nous consulter
200	100	600	100	321	59.0	-	-	BBB20TU1FTT	Nous consulter	Nous consulter
200	150	600	134	321	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
200	200	600	91	321	71.4	71.0	-	BBB20TU1KTT	BBB20TU2KTT	Nous consulter
250	150	700	55	363	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
250	200	700	100	363	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
250	250	700	117	363	106.2	105.0	-	BBB25TU1LTT	BBB25TU2LTT	Nous consulter
300	200	800	128	412	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
300	250	800	127	412	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
300	300	800	135	412	-	149.2	-	Nous consulter	BBB30TU2MTT	Nous consulter
400	300	960	145	472	-	-	-	Nous consulter	Nous consulter	Nous consulter
400	400	960	145	512	-	215.0	-	Nous consulter	BBB40TU2NTT	Nous consulter

Carnet des Noeuds Production				
Noeuds	schéma	N°	Nomenclature	Nombre
J5		①	Té à 45° à brides DN150/100	2
		②	Adaptateur Fte/PVC DN160	2
		③	Adaptateur Fte/PVC DN 63	2
		④	Réducteur Fte 2B DN100/60	2
		⑤	Butée	2
J1		①	Té à 45° à brides DN100	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN110	2
		③	Adaptateur Fte/PVC DN160	1
		④	Coude Fte à bride 45° DN100	2
		⑤	Réducteur Fte 2B DN150/100	1
		⑥	Butée	3
J4		①	Té à 45° à brides DN150	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN160	3
		③	Vanne ES DN150	2
		④	Butée	1
N10; C5		①	Té à 45° à brides DN150	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN160	3
		③	Butée	1

Carnet des Noeuds Production				
Noeuds	schéma	N°	Nomenclature	Nombre
J2		①	Té à 45° à brides DN150/100	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN160	2
		③	Adaptateur Fte/PVC DN90	1
		④	Réducteur Fte 2B DN100/80	1
		⑤	Butée	1
J7		①	Té à 45° à brides DN80	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN90	1
		③	Adaptateur Fte/PVC DN110	2
		④	Coude Fte à bride 45° DN100	1
		⑤	Réducteur Fte 2B DN100/80	2
		⑥	Butée	2
N2		①	Té à 45° à brides DN100	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN90	1
		③	Adaptateur Fte/PVC DN110	1
		④	Adaptateur Fte/PVC DN160	1
		⑤	Coude Fte à bride 45° DN100	1
		⑥	Réducteur Fte 2B DN150/100	1
		⑦	Réducteur Fte 2B DN100/80	1
		⑧	Butée	2
N14		①	Té à 45° à brides DN80	1
		②	Adaptateur Fte/PVC DN90	3
		③	Coude Fte à bride 45° DN80	1
		④	Butée	2

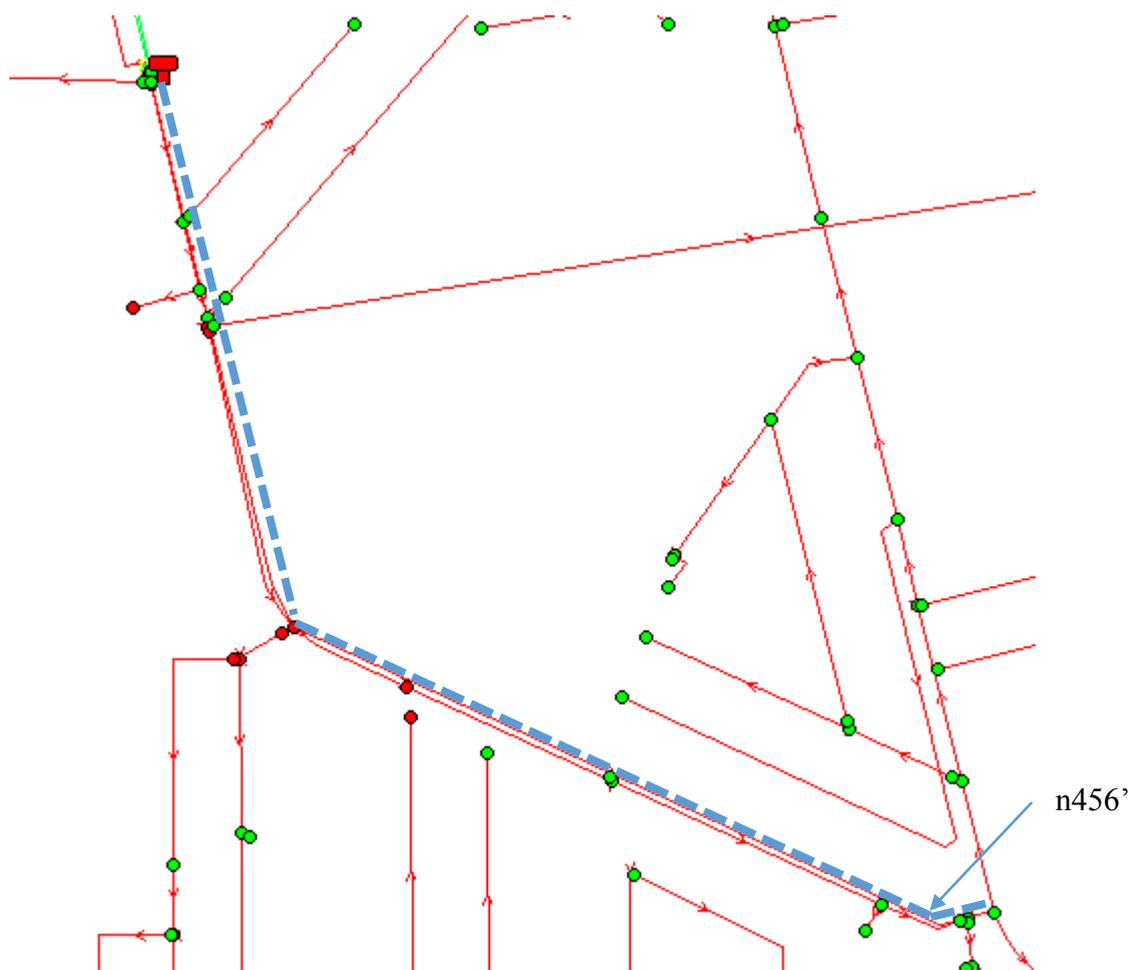
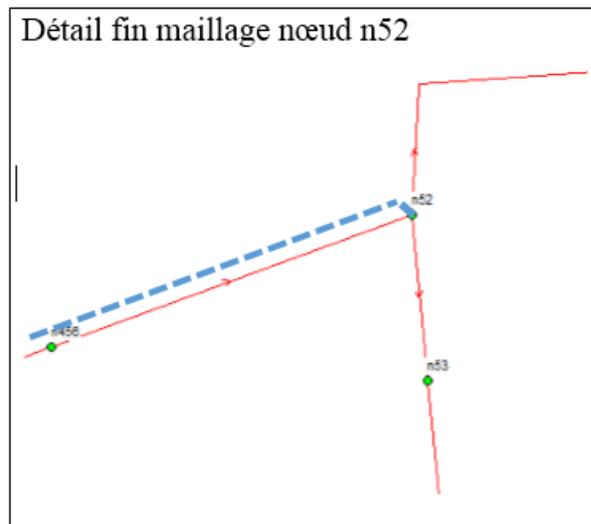
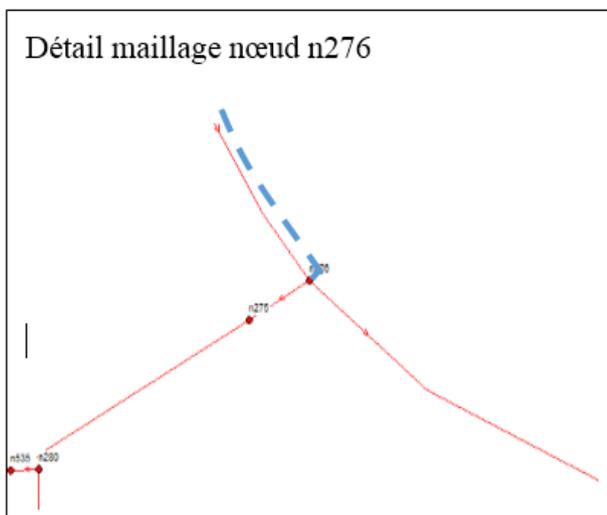
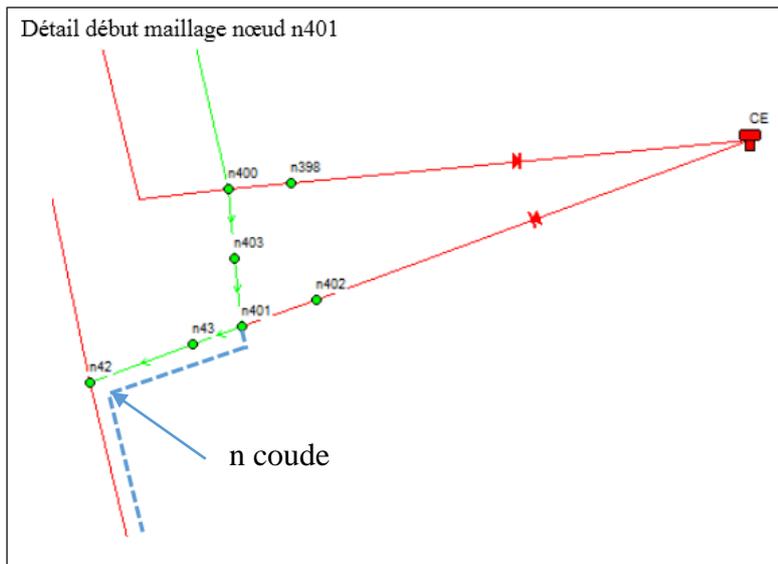


Figure 14:Projet maillage sur la distribution

Légende :

— — — Maillage ou renforcement en PVC DN110 PN10 sur ≈1080 m



Carnet des Noeuds maillage distribution				
Noeuds	schéma	N°	Nomenclature	Nombre
n401		①	Té Fte égal 3B DN100	2
		②	Adaptateur Fte/PVC DN110	4
		③	Vanne ES DN100	2
		④	Coude Fte à bride 90° DN100	2
		⑤	Butée	3
n Coude		①	Coude Fte à bride 90° DN100	2
		②	Adaptateur Fte/PVC DN110	2
		③	Butée	1
n52		①	Té Fte égal 3B DN60	2
		②	Adaptateur Fte/PVC DN63	2
		③	Adaptateur Fte/PVC DN90	1
		④	Adaptateur Fte/PVC DN110	1
		⑤	Réducteur Fte 2B DN80/60	1
		⑥	Réducteur Fte 2B DN100/60	1
		⑦	Butée	2
				1
n456'		①	Coude Fte à bride 45° DN100	
		②	Adaptateur Fte/PVC DN110	2
		③	Butée	1
n276		①	Té Fte égal 3B DN100	2
		②	Adaptateur Fte/PVC DN110	4
		③	Coude Fte à bride 90° DN100	1
		④	Vanne ES DN100	1
		⑤	Butée	