



**CONTRIBUTION À L'AMÉLIORATION DU SYSTÈME DE TRANSFERT DE
L'EAU BRUTE DES CHAMPS DE FORAGES À LA STATION DE
TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE DE VEDOKO À COTONOU**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC
GRADE DE MASTER - SPECIALITE GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT
ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES**

Présenté et soutenu publiquement le 22 juillet 2024 Par

Mahuton Jude AHOUANSON (20150353)

Directeur du mémoire : Harinaivo Anderson ADRIANISA, Enseignant chercheur à 2iE,
Maitre de Conférences, CAMES

Encadrant : Lawani Adjadi MOUNIROU, Enseignant chercheur à 2iE

Maître de stage : Mathieu MEDJA, Directeur de l'Exploitation et de la Coordination du
Réseau de la SONEB

Structure d'accueil du stage : SONEB

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Amadou Keita, Enseignant chercheur à 2iE, Maitre de Conférences, CAMES

Membres correcteurs :

Dr. Moussa Diagne FAYE

Dr. Bruno Moussa KAFANDO

Promotion [2023/2024]



DEDICACES

Je dédie ce travail à toute ma famille en particulier à :

- ❖ Mon père AHOUANSOU Germain ; qui a toujours consenti dans l'amour, et fait des sacrifices pour ma réussite ; aucune expression ne suffirait pour le remercier. Trouves-en ce travail le fruit de tes efforts.
- ❖ Ma mère DJOSSOU Amélie ; femme de bonté, celle qui m'a donné la vie, je n'y serais jamais arrivé sans toi. Merci à toi pour ton amour maternel et tes prières. Trouves-en ce travail une source d'espoir.
- ❖ A mes sœurs Carine et Kyria pour leur soutien moral.

CITATIONS

Tant d'hommes se garde du danger passant leur vie à ne prendre aucun risque et trépassé sans gloire !

REMERCIEMENTS

Au terme de la rédaction de ce mémoire, j'exprime en quelques lignes la reconnaissance que je dois au Seigneur, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce document. Qu'ils trouvent ici mes vifs respects et ma profonde gratitude. Je tiens particulièrement à remercier :

- La Direction de l'institut 2iE à travers son personnel administratif, son corps professoral et son personnel assistant pour le dévouement dont ils ont fait preuve tout au long de notre formation ;
- Monsieur Lawani Adjadi MOUNIROU, Encadreur interne, Maître de conférences CAMES, Enseignant en Infrastructures et Réseaux Hydrauliques à l'Institut 2iE pour toute sa disponibilité, son attention à mon égard et pour le suivi de ce travail ;
- Monsieur Mathieu MEDJA, Directeur de l'Exploitation et de la Coordination du Réseau, pour son orientation et ses idées pertinentes ;
- Tout le personnel de la Direction de l'Exploitation et de la Coordination du Réseau (DECR), de la Direction Départementale Atlantique-Littoral, du service de la maintenance et de la production de la SONEB pour leur accueil, leur collaboration et l'aide qu'ils m'ont portés ;

Aussi, toute ma gratitude s'adresse à toutes ces personnes dont les noms n'ont pas été cités et qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la rédaction de ce document.

RESUME

Ce mémoire intitulé “**Contribution à l’amélioration du système de transfert de l’eau brute des champs de forages à la station de traitement de l’eau potable de Vêdoko**” traite des causes d’obtention de quantités d’eau insatisfaisantes à l’entrée de l’usine de traitement de Vêdoko et des mesures palliatives. La méthodologie adoptée a consisté à faire un diagnostic du fonctionnement actuel du réseau d’adduction par des mesures de pressions et de débits puis nous avons procédé à une vérification du dimensionnement du réseau à partir des caractéristiques nominales de chaque pompe. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude nous montrent l’utilisation de pompes non adaptées aux débits d’exploitation recommandés et le colmatage des crépines des forages. À ces dysfonctionnements, s’ajoutent les coupures fréquentes d’énergie électrique par la SBEE, un probable tarissement de la nappe, et les pertes de charges relevées sur certains tronçons du réseau d’adduction conséquence des réductions brusques de section. La mesure adoptée pour y remédier dans l’immédiat est de réévaluer la disponibilité en eau de la ressource et si les résultats sont concluants procéder à un soufflage des forages. À moyen terme, il est recommandé de remplacer les pompes actuelles par des pompes dont les débits nominaux correspondent aux débits d’exploitation recommandés. Et à long terme, il est à prévoir la réduction des débits acheminés à la collectrice de 800 [mm] par la déconnexion de huit (8) forages initialement raccordés ainsi que la réalisation de nouveaux forages. Une nouvelle collectrice acheminera les débits de ces huit (8) de forages vers l’usine de Vêdoko. À l’issue de ces études, le coût global d’exécution des travaux de l’amélioration du réseau est estimé à trois milliards cent quatre-vingt-dix-neuf millions quatre cent quatre-vingt-neuf mille cinq cent quatre-vingts et un (3 199 489 581) francs CFA.

Mots clés :

1. **Forage,**
2. **Débit,**
3. **Pompage,**
4. **Réseau,**
5. **Usine de traitement**

ABSTRACT

The thesis entitled "**Contribution to the improvement of the raw water transfer system from the borehole fields to the Vêdoko drinking water treatment plant**" deals with the causes of unsatisfactory water quantities at the entrance of the Vêdoko treatment plant and the remedial measures. The methodology adopted consisted of diagnosing the current operation of the water supply network by means of pressure and flow measurements, followed by a verification of the network design based on the nominal characteristics of each pump. The results of this study show the use of pumps that are not adapted to the recommended operating flow rates and the clogging of well strainers. In addition to these malfunctions, there have been frequent power cuts by SBEE, a probable drying up of the water table, and pressure losses in certain sections of the supply network as a result of sudden reductions in cross section. The immediate remedy is to reassess water availability and, if the results are conclusive, to blow out the boreholes. In the medium term, it is recommended that the current pumps be replaced with pumps whose nominal flow rates correspond to the recommended operating flow rates. In the long term, it is planned to reduce flows to the 800 [mm] collector by disconnecting eight (8) originally connected wells and constructing new wells. A new collector will carry the flows from these eight (8) wells to the Vêdoko plant. Upon completion of these studies, the total cost of the network improvement works is estimated at three billion one hundred and ninety-nine million four hundred and eighty-nine thousand five hundred and eighty-one (3,199,489,581) CFA francs.

Key words:

- 1. Borehole,**
- 2. Flow,**
- 3. Pumping,**
- 4. Network,**
- 5. Processing plant**

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AEP	: Alimentation en Eau Potable
CONOCO	: Contournement Nord Cotonou
DN	: Diamètre Nominal
FO	: Forage Ouedo
GPS	: Global Positionning System
HMT	: Hauteur Manométrique Totale
IGN	: Institut Géographique National
IITA	: Institut International d'Agriculture Tropicale
PEHD	: Polyéthylène Haute Densité
PN	: Pression Nominale
SBEE :	: Société Béninoise d'Énergie Électrique
SONEB	: Société Nationale des eaux du Bénin
TN	: Terrain Naturel
TVA	: Taxe sur valeur ajoutée

SOMMAIRE

DEDICACES	i
CITATIONS.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
SOMMAIRE	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
I. INTRODUCTION.....	1
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	2
1. Genèse	2
2. Mission	2
3. Fiche signalétique.....	3
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	4
1. Présentation de la ville de Cotonou.....	4
a. Situation géographique	4
b. Climat.....	4
c. Relief	5
d. Sols.....	5
e. Géologie.....	5
f. Réseau hydrographique	6
g. Végétation	6
2. Contexte et Problématique	6
3. Objectifs de l'étude	6
a. Objectif général	6
b. Objectifs spécifiques	6
4. Présentation du système d'adduction d'eau de la ville de Cotonou.....	7
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	7
1. Méthodologie de travail	7
a. Recherche documentaire.....	8
b. Collecte de données	8
2. Réseau d'adduction	8
a. Vérification de l'état physique des ouvrages et équipements.....	8
	vii

b.	Vérification des calibres et du fonctionnement des débitmètres et compteurs de tête forages.	8
c.	Vérification du dimensionnement des conduites et des pompes.	10
d.	Vérification de la fonctionnalité du système (association des pompes)	11
e.	Dimensionnement et pose de la nouvelle conduite	11
f.	Simulation sur EPANET	11
V.	ETUDES TECHNIQUES	12
1.	Capacité maximale des forages	12
2.	Quantité d'eau brute à la station d'eau de Vêdoko au cours des dix (10) dernières années	16
3.	Comparaison du débit d'exploitation recommandé au débit nominal des pompes installées	17
4.	Comparaison du débit des pompes installées au débit actuel lu sur les débitmètres et les compteurs.....	18
5.	Vérification de l'état physique des ouvrages et équipements	19
6.	Vérification des calibres et du fonctionnement des débitmètres et/ou compteurs de tête forages	19
a.	Vérification de la précision du système de comptage : condition de pose et d'installation des débitmètres et des compteurs :	20
b.	Dimensionnement des débitmètres et compteurs.....	22
7.	Vérification des conduites de refoulement et des vitesses économiques	24
8.	Vérification de la plage de fonctionnement de chaque pompe	25
9.	Simulation du réseau sur EPANET	29
10.	Proposition de solutions pour l'amélioration du volume d'eau obtenu à la station d'eau	29
a.	Soufflage des forages.....	29
b.	Équipement des forages avec des pompes convenables	30
c.	Réutilisation de certaines pompes	31
d.	Établissement du nouveau réseau	31
e.	Itinéraire de la nouvelle conduite	32
f.	Dimensionnement de la nouvelle conduite.....	32
VI.	NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	35
1.	Impacts négatifs et mesures d'atténuations	38
2.	Impacts positifs et mesures de maximisation	40
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	41
	REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	42
	ANNEXES	i

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I Fiche signalétique de la SONEB	3
Tableau II Année d'installation des débitmètres	19
Tableau III Année d'installation des compteurs	20
Tableau IV Conditions de pose des débitmètres	22
Tableau V Caractéristiques des débitmètres selon la norme MID (Documentation Khrono) ..	22
Tableau VI Vérification du dimensionnement des débitmètres	23
Tableau VII Vérification du dimensionnement des compteurs	24
Tableau VIII Vérification de la plage de fonctionnement de chaque pompe	26
Tableau IX Pompes convenables aux forages	30
Tableau X Pompes à réutiliser	31
Tableau XI Caractéristiques ventouses	34
Tableau XII Hypothèses de calcul pour les butées	34
Tableau XIII Récapitulatif armatures pour dallettes de regard	34
Tableau XIV Caractéristiques fouilles	34
Tableau XV Impacts négatifs et mesures d'atténuations	38
Tableau XVI Impacts positifs et mesures de maximisation	40

LISTE DES FIGURES

Figure 1Présentation de la ville de Cotonou	4
Figure 2 Réseau actuel de la SONEB Sources: Plan de récolement	15
Figure 3Quantité d'eau reçue à l'usine au cours des dix dernières années /source : Relevé_forages_Vêdoko 2014-2023_SONEB	16
Figure 4 Comparaison du débit d'exploitation recommandé au débit nominal des pompes installées / Source fiches techniques forages SONEB	17
Figure 5 Comparaison du débit des pompes installées au débit actuel lu sur les débitmètres et les compteurs	18
Figure 6 Principe de mesure d'un débitmètre	21
Figure 7 Itinéraire de la nouvelle conduite.....	32
Figure 8 Coupe transversale de la tranchée de pose.....	35

I. INTRODUCTION

L'eau potable est un besoin fondamental pour le bien-être des populations et une matière première de portée essentielle dont la consommation s'est progressivement diversifiée. Pourtant bon nombre de populations même dans les grandes villes restent insatisfaits par rapport à la disponibilité de l'eau. En 2023, le taux de desserte et d'accès à l'eau potable était de 76.7 % au Bénin. La distribution de l'eau aux consommateurs, passe par un ensemble de processus mis en place appelé système d'alimentation en eau potable. Un système d'alimentation en eau potable est un ensemble d'infrastructures et d'installations nécessaires pour satisfaire tous les besoins en eau potable d'une population. Sa gestion efficace constitue l'un des principaux problèmes rencontrés en zone urbaine. Ces problèmes, qui sont directement liés à l'exploitation, sont souvent dus à des défauts de conception (Bousalaa, 2018). L'alimentation en eau potable des agglomérations de Cotonou et de Godomey est assurée par 41 forages répartis dans les champs de captage de Godomey-Togoudo, Tokan et Ouèdo dans la commune d'Abomey-Calavi. Les eaux brutes issues des différents forages sont collectées et traitées dans deux usines de traitement d'eau potable : l'usine de Godomey à Abomey-Calavi et celle de Vêdoko à Cotonou qui traite et éjecte dans le réseau de la ville, l'eau brute provenant de 23 forages situés à Ouèdo et Godomey. La SONEB voulant accroître et assurer un service permanent de disponibilité de l'eau potable pour la ville de Cotonou à l'horizon 2025 a entrepris et réalisé des travaux de renforcement du système d'alimentation de la ville en 2014.

Sur la base des débits d'exploitation de l'ensemble de ces forages, plus de 3 000[m³/h] d'eau brute étaient attendues à la station de traitement de Vêdoko. Cependant le débit d'eau moyen reçu actuellement, et ce, depuis l'année 2016, est en moyenne de 2 200[m³/h], ce qui est très loin de combler les attentes. Cette énorme différence entre le débit escompté et le débit reçu impacte à grande échelle la satisfaction de la demande en eau des consommateurs sans cesse croissante au fil des années.

Face à cette préoccupation, il nous a été proposé le thème : "**Contribution à l'amélioration du système de transfert de l'eau brute des champs de forages à la station de traitement de l'eau potable de Vêdoko à Cotonou**" afin de diagnostiquer les causes de cette différence de débit observée à l'entrée de l'usine et d'identifier les moyens à mettre en œuvre pour y remédier. Le présent rapport est structuré en trois parties essentielles :

- ❖ La première partie s'intéresse à la description des outils utilisés pour le diagnostic et la méthodologie adoptée.

- ❖ La deuxième partie présente les résultats obtenus à l'issue des différents diagnostics effectués sur le réseau en son état actuel et les analyses qui en découlent.
- ❖ Enfin, la dernière partie présente les résultats des simulations effectuées sur l'état futur du réseau et aborde les mesures aussi que les réformes nécessaires pour l'obtention d'une quantité d'eau suffisante à l'usine de traitement de Védoko.

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Genèse

Au départ, la commercialisation de l'énergie électrique et de l'eau était assurée au Bénin, par une seule et unique société : la Société Béninoise d'Électricité et d'Eau (SBEE). Mais cette société a changé plusieurs fois d'appellations pour diverses raisons. En effet, la convention du 30 septembre 1955 avait concédé à la Compagnie Coloniale de Distribution d'Énergie Électrique (CCDEE) toutes les installations qui étaient en gérance sous une régie.

En 1973, par l'ordonnance n° 73-13 du 07 février 1973, il a été créé la Société Dahoméenne d'Électricité et d'Eau (SDEE) qui deviendra plus tard la Société Béninoise d'Électricité et d'Eau (SBEE).

En 2003, au terme du processus de la réforme institutionnelle de la Société Béninoise d'Électricité et d'Eau (SBEE) qui a abouti à la séparation des deux activités « Eau et Électricité », la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) a été créée par décret n°2003-203 du 12 juin 2003. Elle exerce son activité dans le domaine de l'eau potable. (wikimonde)

2. Mission

À l'origine, placée sous la tutelle du Ministère de l'Énergie, des Recherches Pétrolières et Minières, de l'Eau et du Développement d'Énergies Renouvelables (MERPMEDER), elle est actuellement sous la tutelle du Ministère des Mines, et de l'Eau (MME), la SONEB procède au captage, au transfert, au traitement et à la distribution de l'eau potable ainsi qu'à l'évacuation des eaux usées. Elle opère en milieu urbain et en périphérie des villes et ses activités s'étendent sur l'ensemble du territoire national.

3. Fiche signalétique

En termes d'activités, la SONEB exploite actuellement soixante-deux (62) systèmes d'Adduction d'Eau Potable (AEP) qui alimentent 69 chefs-lieux de communes sur les 77 existantes, dont un nombre important de petits systèmes d'eau (Tableau I).

Tableau I Fiche signalétique de la SONEB

	FICHE SIGNALETIQUE
Désignation	Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB)
Adresse	92, Avenue du Pape Jean Paul II, 01 BP 216 RP Cotonou, Bénin
Tél	(+229) 21 31 53 13 / 21 31 22 72
Fax	(+229) 21 31 11 08
Email	info@soneb.com
Site Web	www.soneb.com
Statut juridique	Société Anonyme Unipersonnelle / Entreprise publique
Capital social actuel	1 Milliard FCFA
Objet social	Production et distribution d'eau potable en milieu urbain et périurbain ainsi que l'évacuation et le traitement des eaux usées domestiques au Bénin

Source : Site web SONEB

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Présentation de la ville de Cotonou

a. Situation géographique

La ville de Cotonou (Figure 1) est située sur le cordon littoral qui s'étend entre le lac Nokoué et l'Océan Atlantique et a pour coordonnées géographiques, longitude : 6°22'N et latitude : 2°26'E. Constituée de sables alluviaux d'environ cinq mètres de hauteur maximale, elle représente la seule commune du département du Littoral. Elle est limitée au nord par la commune de Sô-Ava et le lac Nokoué, au Sud par l'Océan Atlantique, à l'Est par la commune de Sèmè-Kpodji et à l'Ouest par celle d'Abomey-Calavi et couvre une superficie de 79 km².

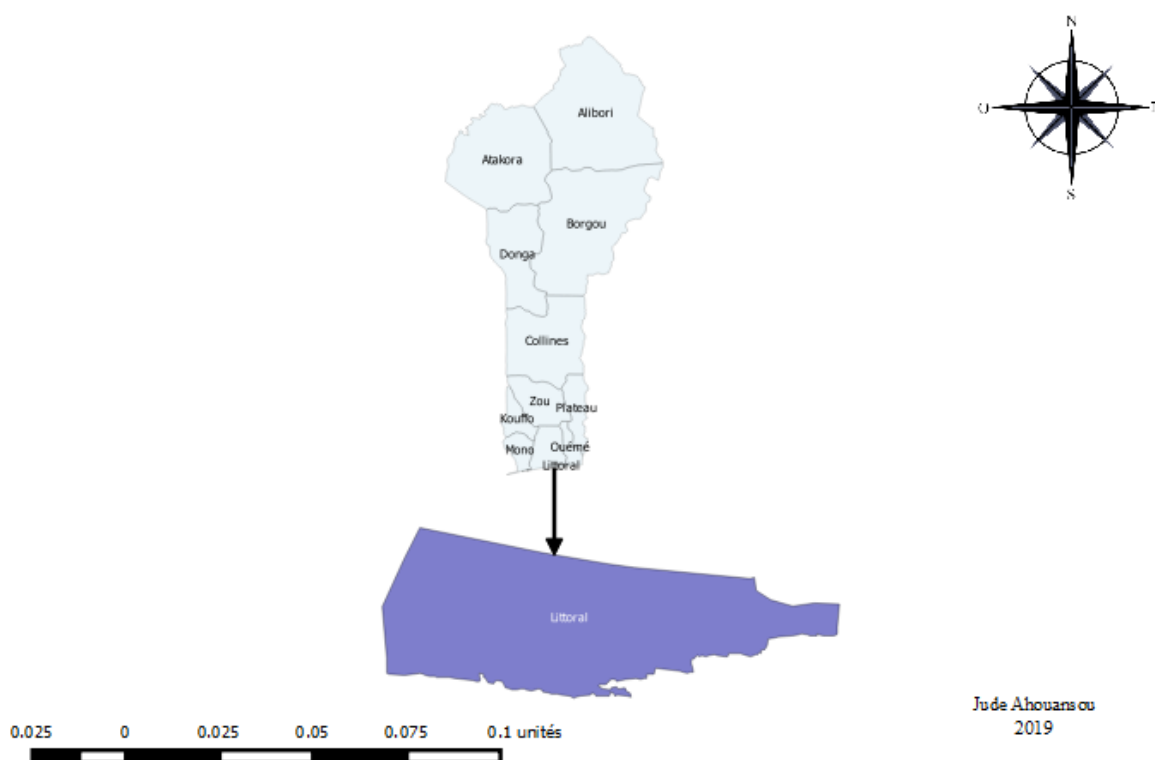


Figure 1Présentation de la ville de Cotonou

b. Climat

Avec une récurrence de deux saisons sèches (décembre à avril et août) et de deux saisons pluvieuses (Mai à juillet et septembre à novembre) le climat est de type subéquatorial. La ville est en proie à de grandes inondations en saison des pluies du fait que son niveau est bas car fortement influencé par les variations du niveau des plans d'eau ; niveau maximal des crues : 1,5 m (IGN). La pluviométrie varie entre 900 et 1200 mm, alors que la température moyenne est de 27 °C environ.

c. Relief

La ville de Cotonou présente dans l'ensemble un relief peu accidenté donc assez plat avec des marécages, dépourvu du point de vue hydraulique, de toute déclivité motrice. Il a deux caractéristiques principales : des dépressions longitudinales parallèles à la côte et des bas-fonds érodés par l'écoulement des eaux pluviales qui communiquent avec le lac. Les côtes du terrain oscillent entre 1,02 et 6,52 m par rapport au zéro hydrographique. La partie Sud de la ville, édifiée sur le littoral est la plus élevée et les côtes y varient autour de 5,02 m. Mais au nord de cette zone, la ville est parsemée de nombreuses dépressions généralement allongées en direction Ouest-Est. La côte moyenne de toute cette partie nord est de 3,52 m environ. Ainsi le relief de la ville, caractérisée par l'absence de toute déclivité n'est pas favorable à l'écoulement des eaux de pluies et des eaux usées. A l'examen des plans anciens, il ressort nettement que l'agglomération de Cotonou a été édifiée sur le delta saisonnier reliant les marais de la zone Ouest du lac Nokoué à la lagune qui n'est autre que le bras de décharge majeur, également périodique de ce lac.

d. Sols

La ville de Cotonou qui se situe dans la plaine côtière, possède des sols sableux qui sont généralement pauvres en matière organique et un faible pouvoir de rétention en eau, ce qui a pour corollaire les inondations répétées observées dans la ville de Cotonou pendant la saison pluvieuse.

e. Géologie

D'un point de vue géologique, Cotonou est située sur une plaine basse, sableuse, marécageuse et jalonnée de lacs et lagunes. De plus, la ville appartient au bassin sédimentaire dit du "Bas Bénin" qui s'étend du Nigeria au Ghana. Il est formé, à la base, de sédiments argilo-sableux datant de l'Ere secondaire et d'alternance de niveaux calcaires et marneux du Tertiaire. Ces sédiments sont recouverts sur l'ensemble des plateaux par de fines formations, sableuses ou argilo-sableuses, et souvent ferrugineuses du Continental Terminal. Le long de la côte, les formations prédominantes sont les sables fluvio-marins et déposés sous forme de cordons littoraux suivant les étapes du recul de la mer. La nappe phréatique se trouve à proximité de la surface du sol dont la perméabilité élevée accélère l'infiltration des eaux pluviales et usées.

f. Réseau hydrographique

Cotonou dispose d'un réseau hydrographique alimenté par trois principaux plans d'eau : l'Océan Atlantique, la Lagune et le Lac Nokoué, pourvoyeurs de ressources halieutiques non-négligeables.

g. Végétation

On peut distinguer un certain nombre de formations végétales bien tranchées :

- en bordure de la côte, les sables du cordon littoral sont couverts de plantations de cocotiers ;
- une zone à végétation rare et clairsemée formée essentiellement d'halophytes sur le cordon littoral (123dok.net)

2. Contexte et Problématique

Ville économique du Bénin, Cotonou représente également le département du Littoral. Elle possède un nouveau réseau d'adduction installé en 2014 dont la production est assurée par les aquifères de Godomey et de Ouedo.

Comme la plupart de nos réseaux d'alimentation en eau potable en Afrique, ceux-ci rencontrent d'énormes problèmes liés à la satisfaction des clients, la gestion, le problème récurrent d'insuffisance et d'indisponibilité permanente de l'eau.

L'accroissement de la population au fil des années engendre des besoins en eau non satisfaits avec des systèmes d'AEP presque à saturation du point de vue quantitatif et qualitatif. D'où parfois, il faudrait procéder à une amélioration de la capacité de production.

3. Objectifs de l'étude

a. Objectif général

La présente étude vise à analyser le système de transfert mis en place pour le transport de l'eau brute des champs de forages jusqu'à la station de Védoko à Cotonou (captage et refoulement d'eau brute) afin d'améliorer sa performance.

b. Objectifs spécifiques

De façon plus spécifique, il s'agira de :

- Diagnostiquer le fonctionnement actuel du système d'adduction afin d'identifier les causes probables de baisses des débits ;
- Vérifier les hypothèses du mauvais fonctionnement par une simulation de l'état actuel du système ;

- Proposer des solutions d'amélioration assorti des coûts de mis en œuvre

4. Présentation du système d'adduction d'eau de la ville de Cotonou

Un réseau d'adduction comporte différents composants dont les constructions et les installations sont affectées au captage et au transport. Le réseau d'adduction d'une partie de la ville de Cotonou se décrit comme suit :

Pour l'alimentation de la ville de Cotonou (Voir annexe 7), la SONEB capte de l'eau dans les aquifères de Ouedo et de Godomey à partir de 41 forages. Ces forages sont alimentés en énergie électrique par la SBEE et sont équipés pour la plupart de groupes électrogènes de secours. Les pompes installées dans ces forages refoulent l'eau dans deux usines de traitement : L'usine de Godomey et l'usine de Vêdoko. L'usine d'eau de Godomey dispose d'une capacité de production maximale de 34 000 [m³/j]. Elle est desservie en eau brute par 18 forages répartis tous sur le champ de captage de Godomey. Elle est télégérée et possède deux (2) stations de pompage (SP) à savoir la SP4 et la SP5. La station SP4 alimente le château d'équilibre de Vêdoko et quelques quartiers de la ville de Cotonou. Quant à celle de Vêdoko qui est également télégérée, elle produit en moyenne un volume journalier de 55 000 [m³/j] et est pourvue en eaux brutes par 23 forages, dont huit (8) dans le champ de captage de Godomey et quinze (15) dans celui de Ouedo. Elle alimente en eau potable les autres quartiers de la ville de Cotonou à travers deux (2) stations de pompage SP1 et SP3. Les 15 forages (FO1, FO2, FO3, FO4, FO5, FO6, FO8, FO9, FO10, FO11 FO12 FO13 FO14 FO15, FO16) du champ de captage de Ouedo débitent dans une conduite collectrice en PEHD de diamètre 900 [mm] sur laquelle les huit (8) autres forages de Godomey (F1 bis F2 bis F3 bis F4 bis F5 bis, F7, F9, F11) viennent s'y greffer au niveau du carrefour IITA. A partir dudit carrefour toute l'eau est acheminée vers la station de Vêdoko à travers deux conduites en fonte ductile de diamètre 800 [mm] et 500 [mm]. Actuellement, la quasi-totalité des forages disposent de débitmètres et sont télégérés ; seuls huit (8) forages disposent de compteurs mécaniques. Un débit moyen actuel de 2200 [m³/h] est obtenu à l'entrée de la station de Vêdoko.

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

1. Méthodologie de travail

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'adduction de la ville de Cotonou a été dressé suivi de la mise à jour des plans de réseau.

a. Recherche documentaire

La recherche documentaire a porté sur :

- des documents relatifs à notre thème téléchargés sur internet
- des documents, fiches techniques et rapports de la SONEB
- des supports de cours à travers notamment ceux de l'hydraulique en charge, de l'adduction en eau potable et des pompes et stations de pompage
- des anciens mémoires au niveau de la documentation de 2iE.

b. Collecte de données

La collecte des données nécessaires à cette étude a essentiellement porté sur :

- le nombre de forages et leurs caractéristiques ;
- les débits et les altitudes au niveau de tête de chaque forage et au niveau de l'entrée de la station de traitement de Vêdoko ;
- la production de l'eau au cours des dix (10) dernières années, les années de mise en service des forages et équipements, les incidents survenus et les récents travaux de récolement.

Ces données ont permis de vérifier l'état physique des ouvrages, les calibres et le fonctionnement des compteurs de tête de forages, les diamètres des conduites de refoulement et les vitesses économiques dans les conduites, le choix des pompes, la fonctionnalité du système (association des pompes) et de déterminer le point de fonctionnement du système.

Ensuite une solution d'amélioration du système de transfert a été proposé pour obtenir un meilleur volume d'eau à l'usine de traitement et à garantir la disponibilité de l'eau.

2. Réseau d'adduction

a. Vérification de l'état physique des ouvrages et équipements.

Un tableau récapitulatif de l'état des ouvrages équipements a été dressé après une visite de terrain puis nous avons procédé à la vérification des calibres et du fonctionnement des débitmètres et compteurs de tête forages.

✓ Compteurs

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

- Q_{max} ou Q₄ : c'est le débit le plus élevé auquel le compteur doit pouvoir fonctionner sans détérioration mais pour un temps relativement court.

- Qn ou Q3 (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.
- Qt ou Q2 (débit de transition) partage l'étendue des débits comprise entre Qmin ou Q1. et Qmax ou Q4 en deux étendues dans lesquelles les erreurs maximales tolérées prennent des valeurs différentes ($\pm 2\%$).
- Qmin ou Q1 (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 ; $Q_n (Q3) \leq Q_p < Q_{max} (Q4)$

ou

- Sans contraintes particulières (sauf précision) ; $Q_t (Q2) \leq Q_p < Q_{max} (Q4)$ avec Q_p étant débit permanent devant traverser le compteur choisi.

✓ **Débitmètre**

Principe de mesure utilisé par le débitmètre

Les débitmètres fonctionnent sur le principe de Faraday qui stipule que tout conducteur se déplaçant dans un champ magnétique de façon perpendiculaire à ce dernier engendre une tension dont l'intensité est proportionnelle à la vitesse du conducteur.

Le débitmètre électromagnétique industriel est constitué par un tube en matériau non-magnétique, revêtu intérieurement d'un revêtement isolant. Deux bobines d'induction sont disposées de part et d'autre de la conduite et créent un champ magnétique. L'eau coule à l'intérieur du tube de mesure isolé électriquement et traverse ce champ magnétique. Une tension U est alors induite dans le fluide :

$$U = v * k * B * D$$

Dans laquelle :

v = vitesse d'écoulement moyenne

k = constante de correction pour la géométrie

B = intensité du champ magnétique

D = diamètre intérieur du capteur de mesure

b. 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 :

- Bresse : $D(m) = 1.5\sqrt{Q(m^3/s)}$
- Bresse modifié : $D(m) = 0.8\sqrt[3]{Q(m^3/s)}$
- Munier : $D(m) = (1 + 0.02 \times T_p)\sqrt{Q(m^3/s)}$
- Formule de Bonin : $D = Q^{0.5}$
- Formule de A Bedjaoui, : $D = 1,27\sqrt{Q}$
- Condition de vitesse GLS : $V(m/s) \leq \left(\frac{D(mm)}{50}\right)^{0.25}$

Avec :

Q : débit d'équipement [m^3/s]

D : diamètre théorique [m]

V : vitesse [m/s]

T_p : Temps de pompage exprimé en heures par jour

Pour le choix du diamètre, nous avons retenu une conduite économique avec un plus petit diamètre nominal respectant les conditions de diamètre théorique calculé par la formule de BRESSE.

La vitesse dans la conduite de refoulement sera calculée de la manière suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

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

- Pertes de charge (Calmont : LECHAPT) : $\Delta H_i = a \frac{L}{D^5} \times Q_i \times Q_i^{n-1}$;
- Pertes de charge singulière : $PdC \text{ sing} = 10\% \times \Delta H_i$;
- Hauteur manométrique totale : $HmT = Hg + \Delta HT = Hg + 1,1x\Delta H_i$

La hauteur géométrique a été déterminée grâce à la formule :

Hg = cote de déversement de l'eau dans les tours de dégazage – *cote du niveau dynamique maximal*

L'écart relatif de débit est calculé grâce à la formule : $E = \frac{Q_{lu} - Q_{pompe}}{Q_{pompe}} \times 100$

L'écart relatif de la HMT est calculé grâce à la formule : $E = \frac{HMT_{terrain} - HMT_{pompe}}{HMT_{pompe}} \times 100$

c. 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.

d. Dimensionnement et pose de la nouvelle conduite

✓ Vidanges

Elles se dimensionnent par la formule des orifices tout en calculant le débit vidangé par : $q = \mu * \sqrt{2 * g * h_{moy}}$ Avec :

q = débit de la vidange [m^3/s] ; μ = coefficient de débit (0.68 à 0.72), h_{moy} = charge moyenne de l'eau dans le tronçon contrôlé par la vidange [m] ; s = section de la vidange [m^2] ;

Pour une longueur du tronçon l [m] et pour un diamètre D de la conduite [m], le volume d'eau à évacuer est : $v(m^3) = \pi * \frac{D^2}{4} * L$, Après en fixant une durée maximale T de vidange, on détermine la section s de la conduite de vidange avec la formule $v = \frac{q}{T} \rightarrow q = v * T$ et on tire s de la formule des orifices ; puis on calcule le rapport sections s/S (vidange /principale) qui devra être compris entre [1/40 ; 1/30].

✓ **Les Butées** : ce sont de massifs en béton exécutés au niveau des singularités-telles que les Tés, les coudes et les plaques pleines. Le massif de béton reprend les efforts dus à une poussée hydraulique, et est calculé de la manière suivante :

Calcul de la section S et de la pression P

La pression retenue pour le calcul de la poussée hydraulique est la pression maximale obtenue en régime transitoire. $S(cm^2) = \frac{\pi}{4} * D^2$

La force de la poussée est calculée par la formule : $F = k * P * S$; avec

k : le coefficient dont la valeur est fonction de la géométrie de l'élément de la canalisation concernée ;

S : la section en cm^2 ;

P : la pression en bars et

F : en daN.

e. Simulation sur EPANET

La simulation s'est faite grâce à **Epanet** qui est un logiciel de modélisation d'écoulements hydrauliques. Disposant du fichier AutoCad de récolement nous y avons tirés les différentes

côtes et les avons insérées dans le logiciel tout en tenant compte des caractéristiques des pompes installées dans chaque forage.

V. ETUDES TECHNIQUES

1. Capacité maximale des forages

Vingt-trois (23) forages permettent d'alimenter le réseau d'alimentation de la ville de Cotonou. Ces forages fonctionnent avec des débits d'exploitation variant entre **76** et **180** [m³/h]. Avec des profondeurs variant de **83,5** à **159,88** m, chaque forage capte la nappe de Godomey ou de Ouèdo. Les forages captant l'aquifère de l'Ouèdo et ceux de Godomey sont relativement proches les uns des autres (0,5 à 1 km) et il peut en résulter une interférence des rabattements qui s'additionneront au niveau de chaque forage.

En 2018, une quantité totale de **18 922 157** [m³] d'eau a été pompée des vingt-trois (23) forages et acheminée à la station de traitement, soit en moyenne **51 842** [m³/jr] ou encore **2 160** [m³/h] avec une durée de pompage qui varie en fonction de la disponibilité de l'énergie électrique.

Le tableau 2 présente l'état des lieux de chaque forage :

Tableau II Etat des lieux des forages à débitmètre

Désignation	DN Débitmètre (mm)	Débit permanen t (m ³ /h)	Type	HMT (m)	Colonne	Caractéristiques des électropompes			Observations
						Débit(m ³ /h)	Pompe	Moteur (kW)	
Forage FO1	100	139	à brides	81	Flexible	125	SP 125-4	37	Fonctionnel
Forage FO2	100	140	à brides	81	Flexible	125	SP 125-4	37	Fonctionnel
Forage FO3	100	83	à brides	59,7	Flexible	141	CAPRARI	30	Fonctionnel
Forage FO4	100	87	à brides	63,1	Flexible	141	CAPRARI	37	Fonctionnel
Forage FO5	100	170	à brides	81	Flexible	207	SP 160-4	55	Fonctionnel
Forage FO6	100	135	à brides	65,2	Flexible	202	CAPRARI	51	Fonctionnel
Forage FO8	100	129	à brides	81	Flexible	125	SP 125-4	37	Fonctionnel
Forage FO9	100	83	à brides	97	Flexible	95	SP 95-8	37	Fonctionnel
Forage FO10	100	98	à brides	71,9	Flexible	95	SP 95-8	37	Fonctionnel
Forage FO11	100	180	à brides	65,9	Flexible	256	CAPRARI	59	Fonctionnel
Forage FO12	100	78	à brides	63,7	Flexible	99,8	CAPRARI	22	Fonctionnel
Forage FO13	100	90	à brides	81,1	Flexible	95	SP 95-7	37	Fonctionnel
Forage FO14	100	76	à brides	85,1	Flexible	100	CAPRARI		Fonctionnel
Forage FO15	100	152	à brides	60,1	Flexible	125	SP125-6	59	Fonctionnel
Forage FO16	100	94	à brides	65	Flexible	202	CAPRARI Q=202m ³ /h ; H = 65m	51	Fonctionnel

Désignation	DN Compteur (mm)	Débit permanent (m³/h)	Type	HMT (m)	Colonne	Caractéristiques des électropompes			Observations
						Débit(m³/h)	Pompe	Moteur (kW)	
F1 bis	250	131	à brides	72,7	Colonne montante souple	125	CAPRARI	37	Fonctionnel
F2 bis	250	108	à brides	78,3	Foraduc		SP 95-8		Fonctionnel
F3 bis	60	114	à brides	85	Foraduc		SP 95-7		Fonctionnel
F4 bis	150	91	à brides	85	Foraduc		SP 95-7		Fonctionnel
F5 bis	100	80	à brides	85	Foraduc		SP 95-7		Fonctionnel
F7	100	69	à brides	81	Foraduc	95	SP 95-7	30	Arrêt depuis 2023
F9	150	93	à brides	66	Foraduc	125	SP125-4AAN	37	Fonctionnel
F11	250	100	à brides	73	Foraduc	95	SP 95-6	26	Fonctionnel

La figure 2 présente le refoulement de la SONEB des champs de captages jusqu'à la station de traitement de Védoko.

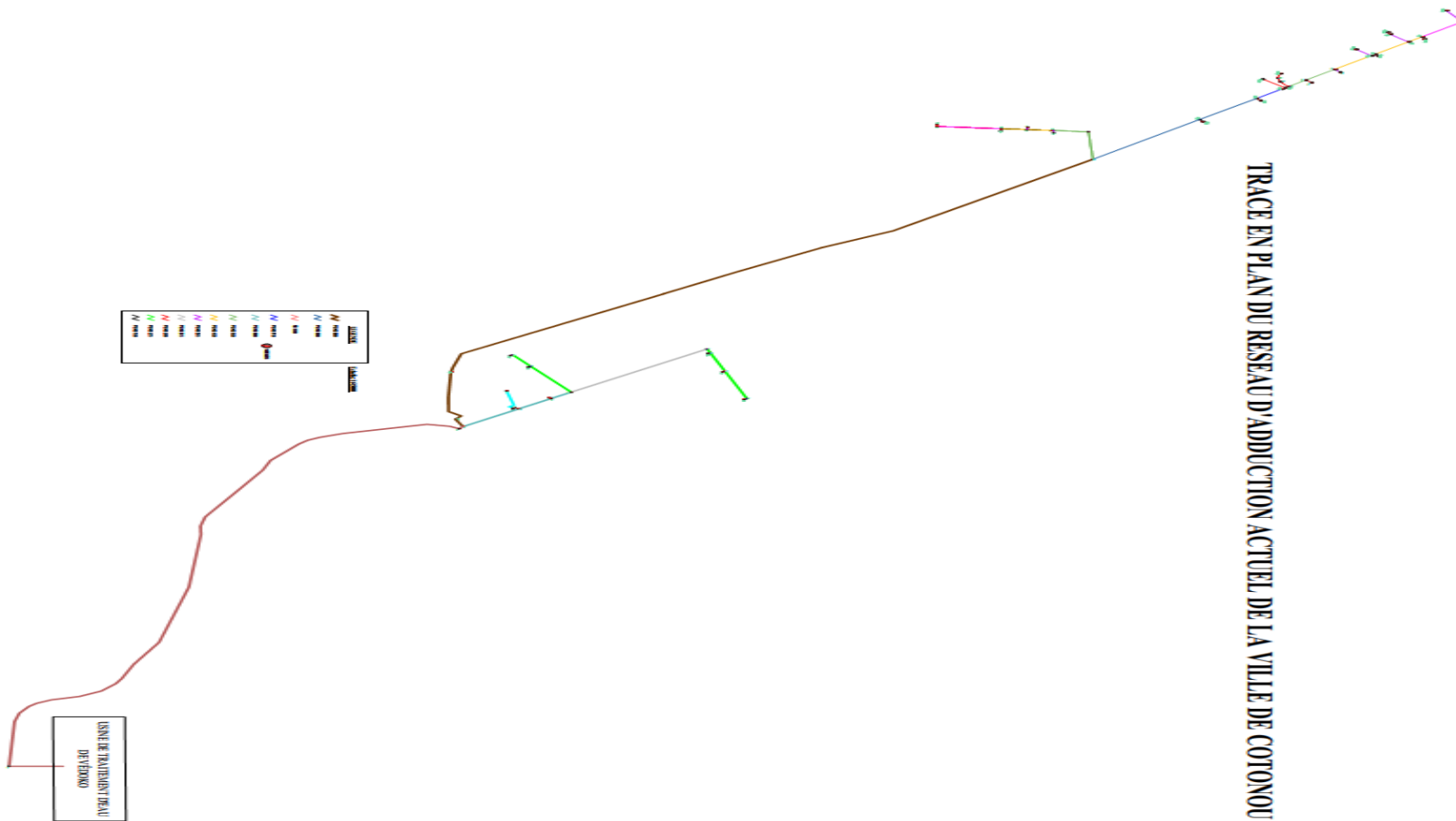


Figure 2 Réseau actuel de la SONEB Sources : Plan de récolement

2. Quantité d'eau brute à la station d'eau de Vêdoko au cours des dix (10) dernières années

La figure 3 présente la quantité d'eau brute au cours des dix (10) dernières années.

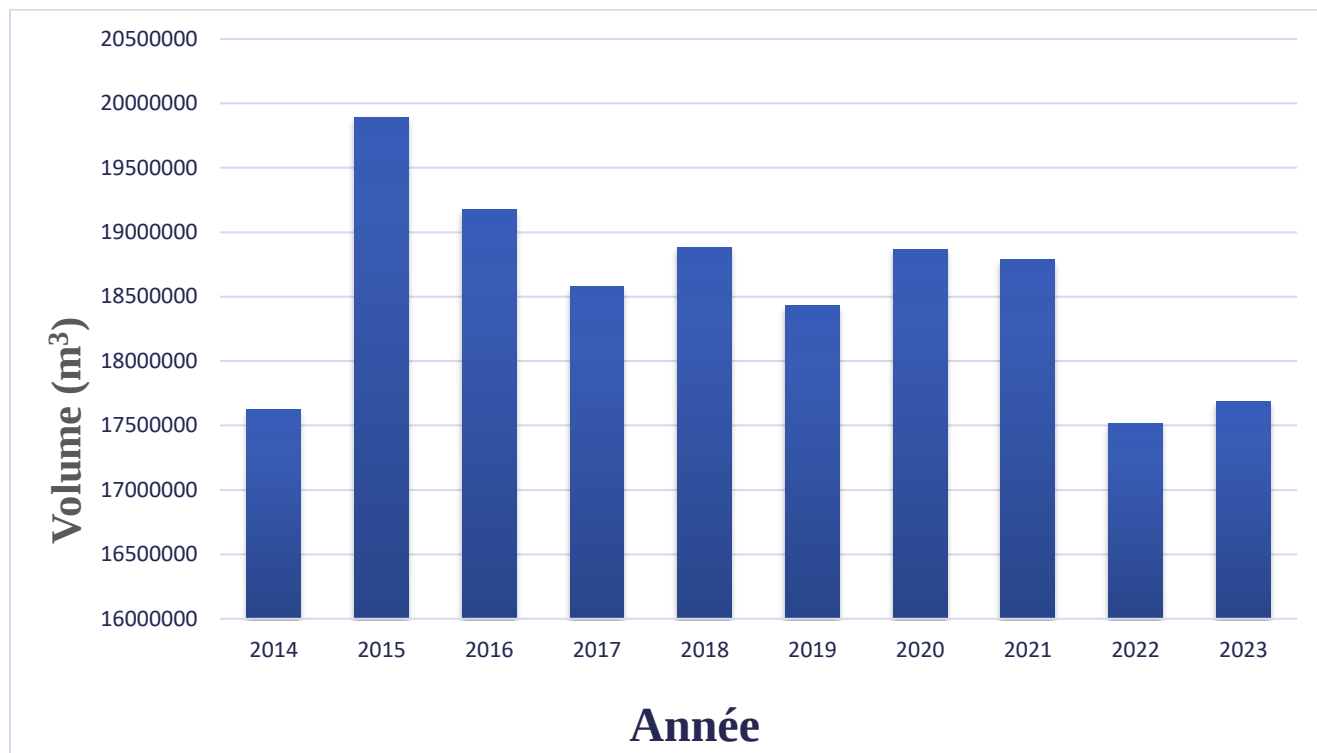


Figure 3 : Quantité d'eau reçue à l'usine au cours des dix dernières années /source : Relevé_forages_Vêdoko 2014-2023_SONEB

Commentaires :

Les équipements et les connexions des forages réalisés courant 2010, au réseau de la SONEB ont commencé en 2014. Ces travaux ont conduit à des interruptions fréquentes sur le réseau pour isoler le système afin d'effectuer les travaux. À cela, s'ajoutent les longues et intempestives coupures d'énergie électrique. Tout ceci explique donc cette faible quantité d'eau obtenue à l'usine. Le volume de l'année 2015 est le volume le plus important sur le graphe. Ce pic du volume reçu en 2015 révèle l'année de finalisation des travaux ainsi que la mise en service de tous les équipements. Le volume reçu est passé de **17 625 479 [m³]** à **19 892 876 [m³]** soit une augmentation nette de **2 267 397 [m³]** par rapport à l'année 2014. Déjà, en 2016 l'usine enregistre une baisse de volume de **716 739 [m³]**. Un entretien avec les exploitants du réseau a permis de comprendre que des pompes ont été changées parce que les moteurs des pompes installées lors de l'équipement des forages ont été endommagés. Il est à souligner qu'en raison de l'urgence qui prévalait par rapport aux pompes endommagées, les forages ont été équipés de pompes disponibles dont les débits nominaux n'atteignaient pas forcément les débits

d'exploitations recommandés. Cette baisse du volume pourrait aussi s'expliquer par le colmatage des crépines des forages ou les coupures fréquentes d'énergie électrique. L'année, 2017 a connu une baisse de **600 959 [m³]** par rapport à l'année 2016. Cette baisse de volume est due aux remplacements de pompes qui sont devenus très fréquents en même temps que le colmatage des crépines des forages a commencé à devenir important. La production de 2018 qui a connu une augmentation par rapport aux débits des deux (02) années précédentes s'explique par les travaux de soufflage qui ont eu lieu au cours de cette année. L'inexploitation d'un forage (F7) pour cause d'improductivité explique les quantités de production relativement faible des deux dernières années.

3. Comparaison du débit d'exploitation recommandé au débit nominal des pompes installées

La figure 6 compare les débits d'exploitation recommandés au débit nominal des pompes installées dans chaque forage.

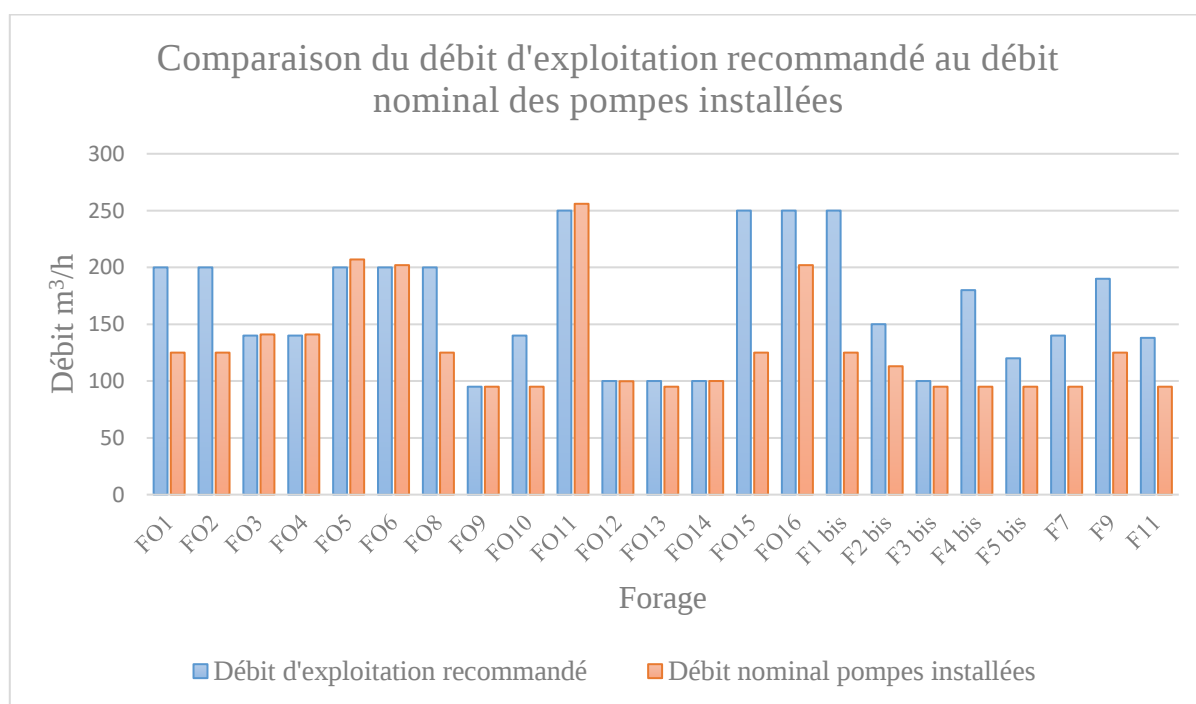


Figure 4 Comparaison du débit d'exploitation recommandé au débit nominal des pompes installées / Source fiches techniques forages SONEB

Commentaires :

Pour la plupart des forages, les débits des pompes installées ne correspondent pas aux débits d'exploitation recommandés. Cet état de choses est dû aux changements de pompes dans les forages suite à la défectuosité de plusieurs d'entre elles. Il en résulte une différence de **861,2 [m³/h]** entre les débits d'exploitation recommandés et les débits des pompes installées. Les

différences positives entre les débits moyens relevés et les débits d'exploitations recommandés varient entre 5 [m³/h] et 125 [m³/h]. Il apparaît donc que certains forages sont sous exploités et sur les 23 forages seuls 8 sont équipés de pompes convenables.

4. Comparaison du débit des pompes installées au débit actuel lu sur les débitmètres et les compteurs

La figure suivante compare la moyenne des débits lus à la tête de chaque forage pendant une durée de 04 semaines et le débit nominal des pompes installées.

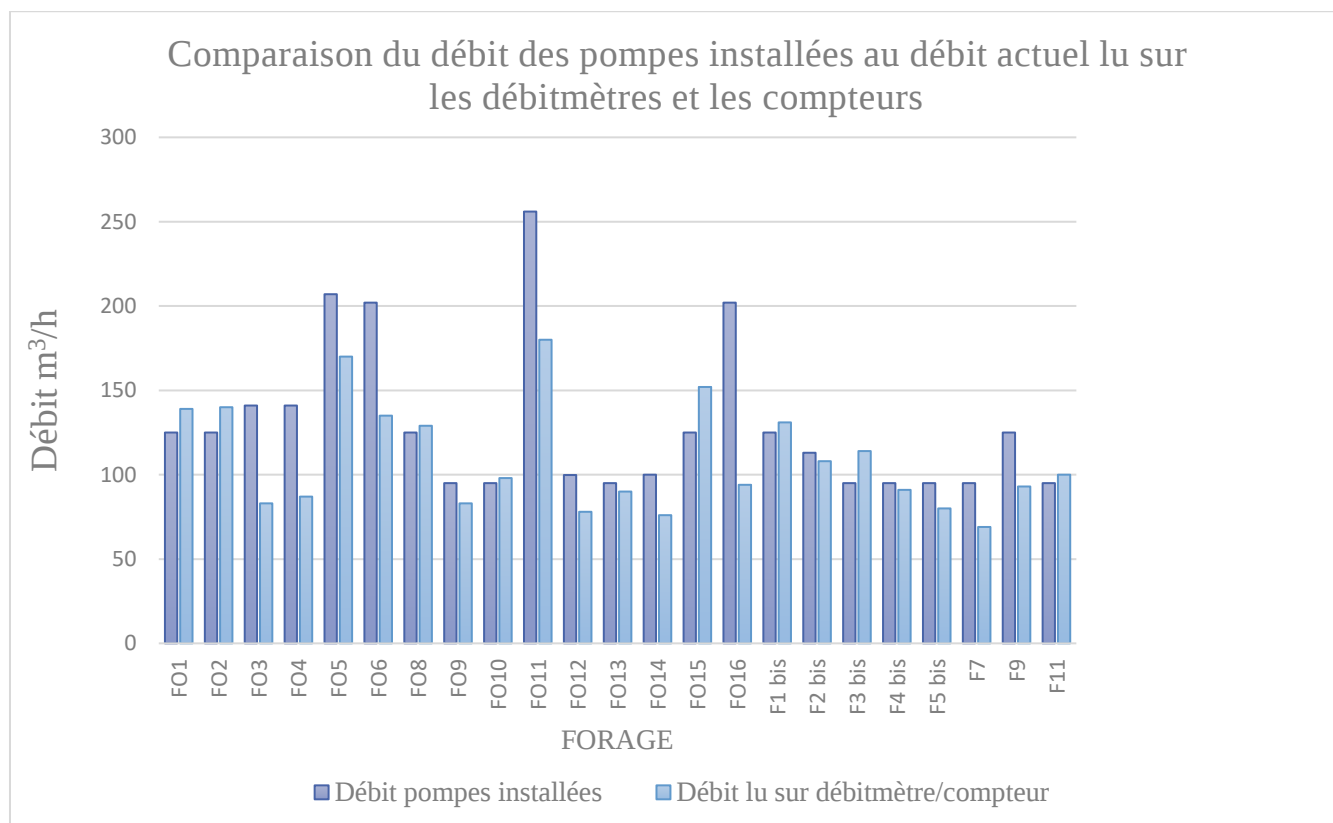


Figure 5 Comparaison du débit des pompes installées au débit actuel lu sur les débitmètres et les compteurs

Commentaires :

Pour la majorité des forages, les débits lus sont largement inférieurs aux débits des pompes installées. Au-delà de la perte de charge générée par le fonctionnement en simultané de plusieurs pompes, il est dû à un colmatage du massif filtrant et des crépines des forages. Il y a une différence de **451,8 [m³/h]** entre les débits nominaux des pompes et les débits lus sur les débitmètres et compteurs. Ce qui correspond à un rendement de **84,8 %**.

Au total donc, il y a une différence de **1 313 [m³/h]** ou **3 1512 [m³/jr]** ou encore **11 501 880 [m³/an]** entre les débits d'exploitation recommandés et les débits lus sur les débitmètres et compteurs.

5. Vérification de l'état physique des ouvrages et équipements

Un réseau d'adduction constitue un patrimoine qui vieillit avec le temps, car les conduites s'entartrent où se corrodent ; leurs diamètres deviennent insuffisants ; leurs matériaux se fragilisent. Le vieillissement d'une conduite correspond à sa dégradation dans le temps, qui se manifeste par l'observation de certains dommages ou par un mauvais fonctionnement hydraulique du réseau. Ces dysfonctionnements se manifestent généralement par des chutes de pression (conduites incrustées), des fuites diffuses et des fréquentes ruptures.

Par ailleurs, des vérifications ont été faites sur l'état physique et l'état de fonctionnement des différents ouvrages et équipements de comptage.

6. Vérification des calibres et du fonctionnement des débitmètres et/ou compteurs de tête forages

Les forages utilisés par la SONEB sont équipés de débitmètres ou de compteurs.

- Un débitmètre est un appareil de comptage électronique, servant à connaître la quantité d'eau prise au niveau de la ressource.
- Un compteur est un appareil de comptage mécanique servant à connaître la quantité d'eau prise au niveau de la ressource et à vérifier qu'il n'y a pas de fuites, ou d'anomalies sur le réseau.

Ils peuvent fonctionner pendant 10 ou 20 ans. Mais il faut en général 10 ans avant d'observer une baisse importante du comptage. Le tableau II montre l'année d'installation des compteurs des différents forages.

Tableau III Année d'installation des débitmètres

Forages	Appareil	Année d'installation
FO1	Débitmètre	2015
FO2	Débitmètre	2015
FO3	Débitmètre	2015
FO4	Débitmètre	2015
FO5	Débitmètre	2015

FO6	Débitmètre	2015
FO8	Débitmètre	2015
FO9	Débitmètre	2015
FO10	Débitmètre	2015
FO11	Débitmètre	2015
FO12	Débitmètre	2015
FO13	Débitmètre	2015
FO14	Débitmètre	2015
FO15	Débitmètre	2015
FO16	Débitmètre	2015

Commentaires :

En observant le tableau IV, on constate que seuls les compteurs ont plus de dix (ans) d'âge de fonctionnement. Seuls les débitmètres en ont moins. Les débitmètres des forages (FO1 à FO16) ont été installés en 2015. On peut déduire que du point de vue année de mise en service des différents débitmètres et compteurs qu'ils fonctionnent encore très bien.

Tableau IV Année d'installation des compteurs

Forages	Appareil	Année d'installation
F1 bis	Compteur	2011
F2 bis	Compteur	2011
F3 bis	Compteur	2011
F4 bis	Compteur	2011
F5 bis	Compteur	2011
F7	Compteur	2010
F9	Compteur	2010
F11	Compteur	2010

a. Vérification de la précision du système de comptage : condition de pose et d'installation des débitmètres et des compteurs :

Pour montrer la fiabilité du système de comptage installé au niveau de chaque forage, il importe de vérifier les conditions de pose et d'installations des débitmètres et compteurs.

Le signal de tension U , proportionnel à la vitesse moyenne d'écoulement V et donc au débit, est capté par des électrodes. Un convertisseur de mesure amplifie le signal de la tension mesurée, le filtre puis le transforme en signaux normalisés pour la totalisation, l'enregistrement et le traitement (Figure 6).

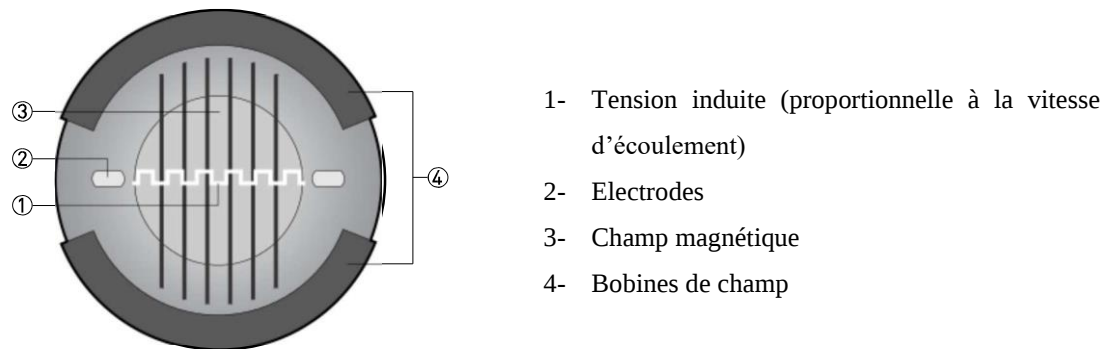


Figure 6 Principe de mesure d'un débitmètre

Des perturbations du profil d'écoulement telles que celles provoquées en aval de coudes, de tés, de cônes de réduction ou de vannes installées en amont du débitmètre affectent la précision de la mesure. C'est pour cette raison qu'il est généralement recommandé d'installer le débitmètre avec des longueurs droites en amont et en aval. La précision de $\pm 2\%$ est maintenue quelles que soient les turbulences si le débitmètre est monté avec des longueurs droites de $3DN$ à l'amont et $1DN$ à l'aval (divergent d'angle inférieur à 7° étant considéré comme longueur droite).

Tableau V Conditions de pose des débitmètres

	Minimale recommandé	Installé	Observations
Longueur amont pour DN100	3DN soit $3 \times 10 = 30$ [cm]	70 [cm]	Bien installé
Longueur aval DN100	1DN soit $1 \times 10 = 10$ [cm]	40 [cm]	Bien installé

b. Dimensionnement des débitmètres et compteurs

- Débitmètres

Le tableau V précise ces données pour les débitmètres des forages :

Tableau VI Caractéristiques des débitmètres selon la norme MID (Documentation Khrono)

DN	Plage [R] Q3/Q1	Débit [m ³ /h]			
		Minimum Q1	De transition Q2	Permanent Q3	De surcharge Q4
25	640	0.025	0.040	16	20.0
40	640	0.0625	0.100	40	50.0
50	630	0.100	0.160	63	78.75
65	635	0.1575	0.252	100	125.0
80	640	0.25	0.400	160	200.0
100	625	0.40	0.640	250	312.5
125	640	0.625	1.00	400	500.0
150	630	1.00	1.60	630	787.5
200	508	1.575	2.52	800	1000
250	400	2.50	4.00	1000	1250
300	400	4.00	6.40	1600	2000
350	160	15.625	25.0	2500	3125
400	160	25.00	40.0	4000	5000
450	160	25.00	40.0	4000	5000
500	160	39.375	63.0	6300	7875
600	100	63.00	100.8	6300	7875

Sur la base des débits permanents fournis par le constructeur Khrono, il s'agira de vérifier si les diamètres nominaux des débitmètres installés correspondent aux débits d'exploitation recommandés et aux débits actuels en tête des forages.

Le contrôle du dimensionnement des débitmètres est récapitulé dans le tableau VI :

Tableau VII Vérification du dimensionnement des débitmètres

Forages	Calibre des débitmètres	Q2	Débit lu	Q4	Observations
FO1	DN 100, PN16	0.640	139	312.5	Débitmètre bien choisi
FO2	DN 100, PN16	0.640	140	312.5	Débitmètre bien choisi
FO3	DN 100, PN16	0.640	83	312.5	Débitmètre bien choisi
FO4	DN 100, PN16	0.640	87	312.5	Débitmètre bien choisi
FO5	DN 100, PN16	0.640	170	312.5	Débitmètre bien choisi
FO6	DN 100, PN16	0.640	135	312.5	Débitmètre bien choisi
FO8	DN 100, PN16	0.640	129	312.5	Débitmètre bien choisi
FO9	DN 100, PN16	0.640	83	312.5	Débitmètre bien choisi
FO10	DN 100, PN16	0.640	98	312.5	Débitmètre bien choisi
FO11	DN 100, PN16	0.640	180	312.5	Débitmètre bien choisi
FO12	DN 100, PN16	0.640	78	312.5	Débitmètre bien choisi
FO13	DN 100, PN16	0.640	90	312.5	Débitmètre bien choisi
FO14	DN 100, PN16	0.640	76	312.5	Débitmètre bien choisi
FO15	DN 100, PN16	0.640	152	312.5	Débitmètre bien choisi
FO16	DN 100, PN16	0.640	94	312.5	Débitmètre bien choisi

- *Compteurs*

Il s'agira dans cette section de vérifier si les compteurs posés fonctionnent à un débit compris entre Q_t et Q_{max} . L'erreur maximale pour les volumes fournis à des débits situés entre le débit

Q_{min} (minimal) et le débit de transition Q_t (transition) est de + ou -10 % pour les compteurs en service et entre Q_t et Q_{max} est de + ou - 4 %.

L'erreur maximale tolérée pour les volumes fournis entre le débit Q_1 (minimal) et le débit Q_2 (de transition) est de + ou -5 %.

Tableau VIII Vérification du dimensionnement des compteurs

Forages	Calibre des compteurs	Q_t	Débit lu	Q_{max}	Observations
F1 bis	QN 250, PN 20	50	131	500	Compteur bien choisi
F2 bis	QN 250, PN 20	50	108	500	Compteur bien choisi
F3 bis	QN 60, PN 16	12	114	120	Compteur bien choisi
F4 bis	QN 150, PN 16	30	91	300	Compteur bien choisi
F5 bis	QN 100, PN 16	20	80	200	Compteur bien choisi
F7	QN 100, PN 16	20	69	200	Compteur bien choisi
F9	QN 150, PN 16	30	93	300	Compteur bien choisi
F11	QN 250 ; PN 20	50	100	500	Compteur bien choisi

Les calibres des débitmètres et compteurs ont été bien choisis.

7. Vérification des conduites de refoulement et des vitesses économiques

Le dimensionnement d'une conduite de refoulement nécessite la réalisation d'une étude économique de façon à optimiser l'investissement et les frais de fonctionnement liés au pompage. En effet, à un diamètre donné correspond une perte de charge à vaincre et donc une puissance du groupe de pompage dont le coût est proportionnel à sa puissance.

Le tableau en annexe 3 permet de vérifier les conditions de vitesse au niveau de chaque conduite. Après analyse, on remarque que la condition de GLS pour les vitesses n'est pas respectée. Nos calculs montrent que les conditions économiques de chaque conduite de refoulement ne sont pas remplies. Les vitesses sont faibles dans la plupart des cas. Pour d'autres conduites, les vitesses sont élevées avec comme conséquence l'augmentation de la perte de charge.

8. Vérification de la plage de fonctionnement de chaque pompe

Le tableau ci-dessous permet de faire la comparaison entre les débits nominaux des pompes, les débits réellement mesurés pendant la période de pointe. Une pompe fonctionne dans sa plage optimale si et seulement si l'écart relatif est au maximum $\pm 10\%$ sur le débit nominal et de $\pm 6\%$ sur sa HMT.

Tableau IX Vérification de la plage de fonctionnement de chaque pompe

Caractéristiques de la pompe				Débit et HMT mesurés sur le terrain				Observations
Nom du forage	Niveau dynamique	Qn (m³/h)	HMT(m) pompe	Q mesuré (m³/h)	HMT correspondant e calculée (m)	Écart relatif de débit(%)	Écart relatif de HMT	
FO1	25,75	125	81	139	55,3	11	-31,73	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO2	28,15	125	81	140	54,3	12	-32,96	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO3	34,3	141	59,7	83	60,1	-41	0,67	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO4	34,95	141	63,1	87	62,5	-38	-0,95	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO5	35,85	207	81	170	57,6	-18	-28,89	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO6	31,95	202	65,2	135	55,9	-33	-14,26	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO8	34,96	125	81	129	61,1	3	-24,57	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines

Caractéristiques de la pompe				Débit et HMT mesurés sur le terrain				Observations
Nom du forage	Niveau dynamique	Qn (m³/h)	HMT(m) pompe	Q mesuré (m³/h)	HMT correspondant calculée (m)	Écart relatif de débit(%)	Écart relatif de HMT	
FO9	30,81	95	97	83	70,4	-13	-27,42	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO10	36,94	95	71,9	98	74,5	3	3,62	Pompe adaptée
FO11	33,13	256	65,9	180	45,6	-30	-30,8	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO12	36,12	99,8	63,7	78	64,1	-22	0,63	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO13	53,9	95	81,1	90	78,6	-5	-3,08	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO14	49,12	100	85,1	76	81	-24	-4,82	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO15	29,5	125	107	152	70	22	-34,58	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
FO16	32,1	202	65	94	66,5	-53	2,31	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F1 bis	31,4	125	72,7	131	77,7	5	6,88	Pompe adaptée

Caractéristiques de la pompe				Débit et HMT mesurés sur le terrain				Observations
Nom du forage	Niveau dynamique	Qn (m³/h)	HMT(m) pompe	Q mesuré (m³/h)	HMT correspondant calculée (m)	Écart relatif de débit(%)	Écart relatif de HMT	
F2 bis	27,75	113	78,3	108	70,1	-4	-10,47	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F3 bis	34,7	95	85	114	65,1	20	-23,41	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F4 bis	20,1	95	85	91	53	-4	-37,65	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F5 bis	21,2	95	85	80	56,9	-16	-33,06	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F7	20,6	95	81	69	52,2	-27	-35,56	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F9	14,48	125	66	93	38,1	-26	-42,77	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
F11	30,76	95	73	100	53,9	5	-26,16	Baisse de la ressource ou pompe inadaptée ou colmatage des crépines
Total		2971,8		2520		-15		

Le tableau VIII présente les écarts relatifs de débits et de HMT. Premièrement entre la HMT de la pompe et celle calculée ; deuxièmement entre le débit nominal de la pompe et le débit lu. On remarque qu'en ce qui concerne les écarts relatifs entre les débits, 17 pompes sur les 23 ne fonctionnent pas dans leur plage optimale. En ce qui concerne les écarts relatifs entre les HMT, 16 pompes sur les 23 ne fonctionnent pas dans leur plage optimale. Tout ceci confirme l'inadaptation des pompes et le colmatage des crépines des forages. La baisse des débits mesurés par rapport aux débits nominaux peut s'expliquer soit par une baisse de la ressource, soit par un colmatage des crépines ou encore une inadaptation de la pompe.

9. Simulation du réseau sur EPANET

La simulation du réseau avec le logiciel EPANET a pris en compte les caractéristiques des pompes actuellement installées dans les forages. Elle nous donne un débit de 2 880,61 [m³/h] à l'entrée de l'usine pour les vingt-trois (23) forages alors que le débit reçu actuellement est en moyenne 2 200 [m³/h]. En considérant que toutes les vannes sont bien ouvertes sur tout le réseau cette différence de 680 [m³/h] peut être due à des pertes d'eau au niveau de l'exhaure.

Inventaire des dysfonctionnements

En définitive, l'obtention de la quantité d'eau insuffisante à l'usine de traitement de Vêdoko est due :

- À une sous-exploitation des forages
- Au colmatage des crépines au niveau des forages
- Aux pertes d'eau au niveau de l'exhaure

10. Proposition de solutions pour l'amélioration du volume d'eau obtenu à la station d'eau

Après confirmation des hypothèses et au vu des différents problèmes qui provoquent l'obtention de la quantité d'eau insuffisante au niveau de la station de traitement nous proposons les solutions suivantes :

- Équiper les forages avec des pompes adaptées aux débits d'exploitation recommandés
- Déconnecter les forages (F1 bis, F2 bis, F3 bis, F4 bis, F5 bis, F7, F9, F11) de la collectrice de 900 [mm] et les mettre sur une nouvelle collectrice de 800 [mm].

a. Soufflage des forages

Afin de résoudre le problème de colmatage, nous préconisons un soufflage des forages tous les 2 ans et si le problème de baisse de débit persiste il serait envisageable de laisser le forage au repos pendant un certain moment afin de permettre le rechargement de la nappe.

b. Équipement des forages avec des pompes convenables

Pour minimiser les frais liés au coût de l'énergie, il faudra remplacer et équiper les différents forages avec des pompes convenables, des choix ont été en tenant compte des débits lus actuellement au niveau de chaque forage et des HMT sur le terrain. Les choix des pompes ont été faits dans le catalogue des pompes GRUNDFOS et sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau X Pompes convenables aux forages

Forage	Débit moyen lu	HMT Terrain (mCE)	Meilleur choix de pompe avec débit actuel
FO1	139	55,3	GRUNDFOS SP 125-3
FO2	140	54,3	GRUNDFOS SP 125-3
FO3	83	60,1	GRUNDFOS SP 95-5
FO4	87	62,5	GRUNDFOS SP 95-5
FO5	170	57,6	GRUNDFOS SP 160-3
FO6	135	55,9	GRUNDFOS SP 160-3A
FO8	129	61,1	GRUNDFOS SP 160-3A
FO9	83	70,4	GRUNDFOS SP 125-3
FO10	98	74,5	GRUNDFOS SP 95-7
FO11	180	45,6	GRUNDFOS SP 215-2A
FO12	78	64,1	GRUNDFOS SP 95-7
FO13	90	78,6	GRUNDFOS SP 95-6
FO14	76	81	GRUNDFOS SP 77-7
FO15	152	70	GRUNDFOS SP 125-4
FO16	94	66,5	GRUNDFOS SP 95-6
F1 bis	131	77,7	GRUNDFOS SP 160-4AA
F2 bis	108	70,1	GRUNDFOS SP 95-7
F3 bis	114	65,1	GRUNDFOS SP 125-3
F4 bis	91	53	GRUNDFOS SP 77-6

Forage	Débit moyen lu	HMT Terrain (mCE)	Meilleur choix de pompe avec débit actuel
F5 bis	80	56,9	GRUNDFOS SP 77-5
F7	69	52,2	GRUNDFOS SP 77-4
F9	93	38,1	GRUNDFOS SP 95-3
F11	100	53,9	GRUNDFOS SP 95-5

c. Réutilisation de certaines pompes

Le redimensionnement des pompes en tenant compte des caractéristiques actuelles de chaque forage a donné pour certains forages des pompes qui fonctionnaient déjà dans d'autres forages. Pour éviter des coûts d'achats supplémentaires liés à l'acquisition de nouvelles pompes, il faudra réutiliser certaines pompes en les transférant celles dans des forages convenables. Le tableau XI résume les pompes à réutiliser.

Tableau XI Pompes à réutiliser

Remplacer pompe du forage	Dans le forage
FO13	FO10
F3 bis	F012
F4 bis	F2 bis
F11	FO 16

d. Établissement du nouveau réseau

Après vérification des conditions de vitesse avec les débits d'exploitation recommandés, il a été constaté que les conditions de vitesse économique ne sont pas respectées pour la collectrice en fonte ductile de 800 [mm]. Nous proposons alors la pose d'une nouvelle conduite devant acheminer les débits des huit (08) forages de Godomey vers l'usine de Vêdoko. Le nouveau réseau sera donc constitué de deux petits réseaux qui achemineront de façon indépendante l'eau à l'usine de Vêdoko ; l'un, pour les forages de Ouedo et l'autre pour les forages de Godomey. Une nouvelle simulation a été effectuée après le raccordement des huit (8) forages de Godomey sur la nouvelle collectrice et le débit obtenu à la tour de dégazage est de 1 043,91 [m³/h].

Avec les dispositions actuelles, la simulation avec les quinze forages de Ouedo donne un débit de 2 121,1 [m³/h] à l'entrée de l'usine. Le nouveau réseau après résolution de tous les autres

dysfonctionnements permettra d'obtenir un débit total de 3 165,01 [m³/h] à l'entrée de l'usine de Vêdoko.

e. Itinéraire de la nouvelle conduite

La nouvelle conduite passera sur le nouveau projet du contournement nord Cotonou (CONOCO). La figure 7 nous montre son itinéraire à partir du carrefour iita.



Figure 7 Itinéraire de la nouvelle conduite

f. Dimensionnement de la nouvelle conduite

Le diamètre extérieur de la conduite retenue est 800 [mm]. Ce diamètre se rapproche plus des diamètres théoriques déterminés et répond à la condition de vitesse et de pression. Le choix du diamètre a été fait dans le catalogue des conduites PEHD PE 100.

- **Mode de pose de la conduite**

La conduite sera toute enterrée dans le terre-plein central au niveau de la route CONOCO. On aura des tranchées de dimensions suivantes :

- **Précaution de pose** : une couche de sable de rigole de 20 cm d'épaisseur sera posée au fond de la tranchée avant la pose de la conduite au niveau de la distribution.

Quelques pièces constitutives du réseau

- **Les robinets vanne papillons** : ce sont des appareils à ouverture ou fermeture totale placées à l'amont et à l'aval de la conduite qui permettent de contrôler la quantité d'eau dans les conduites, d'isoler la conduite en cas d'une fuite ou d'une maintenance.
- **Ventouses à deux (2) boules** : ont pour rôle d'évacuer l'air à haut débit lors de la mise en eau des canalisations, l'admission d'air à grand débit lors de la vidange des canalisations et le dégazage à faible débit en exploitation. Elles sont logées dans des regards en béton armé.
- **Les vidanges** : Elles sont installées aux points bas du réseau. Leur rôle est de permettre le nettoyage des éventuels dépôts solides dans le réseau et de vider la conduite avant de réaliser des travaux. Elles seront également posées dans des regards de protection.
- **Les Butées** : ce sont des ouvrages en béton, qui reprennent les poussées hydrauliques résultant des changements de direction observable sur le réseau. Leur présence au niveau des singularités permet d'éviter leur déboîtement. L'étude du comportement d'un réseau sous pression montre que les contraintes sont concentrées en particulier sur certains accessoires tels que les coudes, les tés, les cônes et les plaques pleines. Afin d'équilibrer la poussée hydraulique pouvant provoquer le désassemblage d'un ou plusieurs accessoires, des massifs en béton d'une certaine masse volumique, sont mis en place, en opposition et perpendiculairement à la poussée. Nous adaptons les butées poids dans le réseau.
- **Regard** : ce sont des ouvrages en béton armé de forme carré le plus souvent réalisés pour abriter les appareils hydrauliques tels que les vannes, ventouses ou vidanges ou un ensemble d'appareil afin de les protéger et d'avoir accès en cas de besoin. Dans notre cas, nous allons utiliser des regards avec une section 2m*2m*3m. Pour le dimensionnement des sections des aciers, on a utilisé le BAEL 91 modifié en 99, l'ouvrage est soumis qu'à l'action de la poussée des terres et la dalle de couverture est soumise à l'action de son poids propre et une charge accidentelle.
- **Les ventouses** : Les caractéristiques des ventouses choisies sont consignées dans le tableau XII :

Tableau XII Caractéristiques ventouses

Désignation	Caractéristiques
Conduite DN 800	Ventex DN 150, PFA 16 bars

Après obtention des semis des points de la zone à travers le logiciel Global mapper, le profil en long de la conduite a été déterminé. Ce qui a permis de connaître les zones plus basses et plus hauts afin de voir les dispositifs (ventouse, les purges) à mettre en place pour un bon fonctionnement du réseau.

Tableau XIII Hypothèses de calcul pour les butées

Hypothèse de calcul		
Coefficient de sécurité	1.3	
Coefficient de frottement	0.7	Tous venants
Masse volumique béton en Kg/m ³	2400	

Regard de Visite : Les sections d'aciers à utiliser pour la réalisation des regards sont consignées dans le tableau XIII :

Tableau XIV Récapitulatif armatures pour dallettes de regard

Désignation	Aciers
Acier principale	HA10 ; espacé de 15cm
Acier de répartition	HA8 ; espacé de 15cm

Fouille et pose : dans le tableau XIV nous avons les résultats de calcul et de choix des dimensions de la fouille pour la pose des canalisations.

Tableau XV Caractéristiques fouilles

DN (mm)	L (m)	H(m)
800	6940	2,5

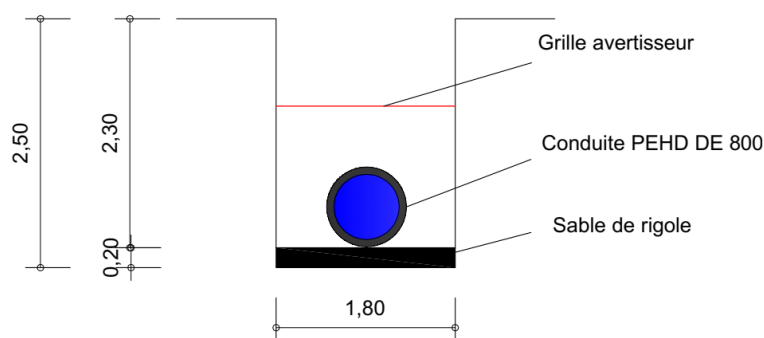


Figure 8 Coupe transversale de la tranchée de pose

VI. NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Cette notice d'Impact Environnemental et Social consiste à évaluer et documenter les possibilités, les capacités, les fonctions des ressources des systèmes naturels et les systèmes humains afin de faciliter la planification du développement et la prise de décision générale, ainsi qu'à prévoir et à gérer les impacts négatifs et les conséquences des propositions d'aménagement en particulier. Son principal objectif est de fournir aux décideurs un rapport préalable sur les implications des diverses modalités d'exécution des activités envisagées du projet pour leur permettre d'en tenir compte et de modifier éventuellement la conception finale. Il sera ensuite proposé des mesures d'atténuation des impacts négatifs sur l'environnement et des mesures de maximisation des impacts positifs.

❖ Cadre juridique et administratif

La République du Bénin s'appuie sur un cadre juridique national et international notamment les conventions, accords et traités, les politiques, programmes, plans et stratégies de développement et les textes législatifs et réglementaires nationaux en matière de protection environnementale et sociale.

Les exigences nationales du Bénin sont présentées en rapport avec celles des sauvegardes opérationnelles (SO) applicables de la BAD, notamment la SO-1, 2, 3, 4 et 5. Il s'agit de :

- *Evaluation environnementale et sociale* : La loi n° 90-32 du 11 Décembre 1990 portant Constitution de la République du Bénin ; la loi n° 98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement ; Le guide général de réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement (2001) ; le décret n° 2017- 332 du 06 juillet 2017 portant organisation des procédures de l'évaluation environnementale en République du

Bénin; le décret no 2001-190 du 19 juin 2001 portant organisation de la procédure d'audience publique en République du Bénin.

- *Réinstallation involontaire : Acquisition de terres, déplacements de populations et indemnisation.* la loi 65-25 du 14 août 1965 portant régime de la propriété foncière au Dahomey ; Loi n° 2013-01 du 14 août 2013 portant code foncier et domanial en république du Bénin ; Loi 2017-15 du 10 août 2017 modifiant et complétant la Loi n° 2013-01 du 14 août 2013 portant code foncier et domanial en république du Bénin ; le décret 2015-016 du 29 janvier 2015 portant conditions et modalités d'occupation du domaine public en république du Bénin ; le décret 2015-012 fixant les modalités et les conditions d'attribution, de mise en valeur et de reprise des concessions domaniales privées en milieu rural en république du Bénin ; le décret 2015-014 portant conditions et modalités de mise en valeur des terres rurales en république du Bénin ; le décret 2015-013 portant composition et fonctionnement type des commissions d'enquête *commodo* et *incommodo* et d'indemnisation en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique en république du Bénin; le décret 2015009 du 29 janvier 2015 fixant les modalités d'exercice du droit de préemption et de location-vente des immeubles préemptes ou expropriés en république du Bénin ; le décret 2015-008 du 29 janvier 2015 portant attributions, organisation et fonctionnement du fonds de dédommagement foncier (FDF) en république du Bénin

- *Biodiversité, ressources renouvelables et services écosystémiques.* La loi n° 93-009 du 02 Juillet 1993 et son décret d'application N°96-271 du 02 juillet 1996 portant régime des forêts en République du Bénin ; la loi 2002-016 du 18 octobre 2004 portant régime de la faune et son décret d'application n° 2011-394 du 28 mai 2011 fixant les modalités de conservation et de gestion durable de la faune et de ses habitats en République du Bénin ; La loi n°97-029 de la 15/01/99 portant organisation des Communes en République du Bénin ; l'arrêté interministériel du 16/11/2012 fixant les conditions de gestion durable de la forêt sacrée en République du Bénin ; Loi n° 87014 du 21 septembre 1987 portant réglementation de la protection de la nature et de l'exercice de la chasse en République Populaire du Bénin.

- *Prévention et contrôle de la pollution, matières dangereuses et utilisation efficiente des ressources.* la loi n° 87-016 portant Code de l'eau ; Le décret n° 2001-094 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Benin le décret n° 2001-110 du 4 avril 2001 portant les normes de qualité de l'air en République du Bénin ; le décret 2001-294 du 08 août 2001 portant réglementation du

bruit en République du Bénin ; le décret n°2003-332 du 27 août 2003 sur la gestion des déchets solides en République du Benin et le décret n° 2001-109 du 4 avril 2001 fixant les normes de qualité des eaux résiduaire ; le décret n° 2001-096 du 20 février 2001 portant création, attributions, organisation et fonctionnement de la police environnementale.

- *Conditions de travail, santé et sécurité.* Loi n° 98-004 du 27 janvier 1998 portant code du travail ; l'arrêté n° 022/MFPTRA/DC/SGM/DT/SST du 19 avril 1999 portant mesures générales d'hygiène et de sécurité au travail ; l'arrêté interministériel n° 031/MFPTRA/MST/DC/SGM/DT/SST du 05 mai 1999 portant attributions, organisations et fonctionnement des services de santé au travail ; l'arrêté n° 054/MFPTRA/DC/SGM/DT/SST du 6 novembre 1998 fixant les conditions dans lesquelles sont effectuées les visites médicales d'embauchage, les visites périodiques, les visites de reprise de travail et les consultations spontanées ; l'arrêté interministériel n° 132/MFPTRA/MSP/DC/SGM/DT/SST du 07 novembre 2000 fixant la nature des travaux et les catégories d'entreprises interdites aux femmes, aux femmes enceintes et aux jeunes gens et l'âge limite auquel s'applique cette interdiction ; l'arrêté n° 52/MFPTRA/DC/SGM/DT/SST du 26 octobre 1998 fixant la limite dans laquelle les médicaments et accessoires nécessaires sont fournis gratuitement aux travailleurs et ses enfants logés avec lui par l'employeur ; l'arrêté n° 51/MFPTRA/DC/SGM/DT/SST du 26 octobre 1998 portant mesures d'équipement technique et d'approvisionnement en médicaments et accessoires pharmaceutiques des services de santé au travail ; l'arrêté n° 008/MFPTRA/DC/SGM/DT/SST du 10 février 2000 portant attributions des Médecins Inspecteurs du Travail ; le décret n° 2000-178 du 11 avril 2000 portant organisation et fonctionnement de la Commission Nationale de Sécurité et de Santé au Travail ; la loi n° 2008-07 du 28 Février 2011 portant code de procédure civile, commerciale, administrative, sociale et des comptes.

La République du Bénin s'appuie aussi sur un certain nombre d'orientations politiques nationales et des instruments technique de référence de gestion de son environnement en l'occurrence le Programme d'Actions du Gouvernement 2016 – 2021, le Plan d'Action Environnemental du Bénin (1993), le Programme d'action national d'adaptation aux changements climatiques (2007), la Stratégie nationale de lutte contre la pollution atmosphérique (2001), la Stratégie de lutte contre le VIH-SIDA (PNLS), la Politique Nationale de Promotion de la Femme (2001) et la Politique Nationale de Promotion du Genre (2009).

	personnels du chantier, mettre en place des panneaux de signalisation ; mettre en place un plan d'urgence ; renforcer les capacités d'intervention des unités sanitaires ; sensibiliser le personnel du chantier sur le port des EPI et faire des pré start meeting avant le démarrage de tous travaux à hauts risques
Pollutions diverses	Conception d'une stratégie de gestion environnementale ; mise en place des équipements permettant de mesurer les degrés de pollution

2. Impacts positifs et mesures de maximisation

Tableau XVII Impacts positifs et mesures de maximisation

Impacts positifs	Mesures de maximisation
La création d'emplois au niveau local	Réaliser les travaux avec une formule qui soit favorable, dans la mesure du possible, à l'utilisation de la main d'œuvre, en particulier locale ; recenser au préalable les demandeurs potentiels d'emplois, mettre en œuvre un programme de formation à la tâche ; donner la priorité aux compétences locales et nationales, en cas de profil égal lors des recrutements
Le développement socio-économique local et national	Suivre convenablement l'évolution des travaux et évaluer régulièrement les retombées économiques en vue d'un soutien politique et économique permanent et approprié.
Le transfert des technologies	Accorder une importance particulière aux Entreprises dont le fonctionnement entraîne un véritable transfert de technologie (tourisme, coton, textile, etc.) ; préparer les écoles de formation technique et professionnelle à apprécier ces transferts et à en profiter, en particulier les Universités et Centres d'Enseignement Supérieur (Abomey-Calavi, Parakou, etc.).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La gestion technique des réseaux d'A.E.P. a pour principal objectif de livrer aux consommateurs une eau avec une continuité de service sans défaut. Une bonne gestion du réseau passe toujours par une bonne connaissance de ces infrastructures, de son fonctionnement hydraulique et un entretien de ce réseau. L'étude du réseau d'adduction de la ville de Cotonou a permis d'identifier les dysfonctionnements suivants :

- La sous-exploitation des forages car les pompes installées ne correspondent pas aux débits d'exploitation recommandés par les entreprises exécutantes desdits forages.
- Au colmatage des crépines au niveau des forages
- Aux pertes de charges générées par certains tronçons du réseau

Compte tenu de ses dysfonctionnements les solutions proposées sont entre autres :

- Equiper les forages avec des pompes adaptées aux débits d'exploitation recommandés
- Déconnecter les forages (F1 bis, F2 bis, F3 bis, F4 bis, F5 bis, F7, F9, F11) de la collectrice de 900 mm et les raccorder à une nouvelle collectrice de 800mm.

Il est également recommandé à la SONEB d'

- Etablir un programme de pompage pour désengorger les conduites afin de créer moins de pertes de charges
- Effectuer de nouveaux essais de pompages afin de réévaluer et de redéfinir les débits d'exploitations.
- Insérer dans certains forages un tubage de plus petit diamètre afin d'augmenter leur durée d'exploitation. (Rechemisage).
- Réaliser des nouveaux forages

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- L. Dr MOUNIROU, « Essentiel de pompes et stations de pompage ».
- Bousalaa, B. « Etude diagnostic d'un réseau d'aep à l'aide du logiciel epanet»
- L. Dr MOUNIROU, « Essentiel d'hydraulique en charge »
- Oumarou Saley FAROUK « Renforcement du système d'alimentation en eau potable par le raccordement de deux nouveaux forages dans la ville de Bobo-dioulasso (kua) au Burkina Faso »
- SONEB « Statistiques production Védoko 2014-2023 »
- ANAEPMR « Suivi du patrimoine et des performances du service public de l'eau potable en milieu rural au Bénin »
- RMT « Rapport et fiche technique de 23 forages »
- ABEL et AL « Etude en zone du ruissellement urbaine à Cotonou rapport de campagne 1978 »
- Armelle CAPO « Urbanisation et risques naturels : Cas de la ville de Cotonou en République du Bénin. »

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau XVII Caractéristiques des forages	ii
Annexe 2:Tableau XVIII Comparaison du débit d'exploitation recommandé au débit des pompes installées	iv
Annexe 3:Tableau XIX Vérification des conditions de vitesse	vi
Annexe 4 : Simulation de l'état actuel du réseau.....	ix
Annexe 5: Simulation avec les forages de Godomey.....	x
Annexe 6: Simulation avec les forages de Ouedo.....	xi
Annexe 7:Schéma synoptique du réseau d'adduction de Cotonou.....	xii
Annexe 8 Nouveau réseau de la SONEB	xiii
Annexe 9 Localisation forages SONEB.....	xiv
Annexe 10:Tableau XX Devis estimatif des travaux	xv

Annexe 1 : Tableau XVII Caractéristiques des forages

Forage	Profondeur du forage [m]	Niveau statique au départ [m]	Niveau dynamique moyen actuel [m]	Profondeur d'immersion pompe (Côte crépine) [m]	Débit d'exploitation recommandé [m³/h]	Pompe	HMT pompe [mCE]	Débit pompe (m³/h)
FO1	159	15	25,75	52,86	200	GRUNDFOS SP 125-4	81	125
FO2	154,89	19,3	28,15	53	200	GRUNDFOS SP 125-4	81	125
FO3	139,4	18,99	34,3	70,97	140	CAPRARI	59,7	141
FO4	159,88	18,4	34,95	65,97	140	CAPRARI	63,1	141
FO5	140,79	17	35,85	61,86	200	GRUNDFOS SP 160-4	81	207
FO6	120,3	16,3	31,95	55,86	200	CAPRARI	65,2	202
FO8	130,88	15	34,96	66,04	200	GRUNDFOS SP 125-4	81	125
FO9	110,78	4	30,81	60,13	95	GRUNDFOS SP 95-8	97	95
FO10	107,76	6,5	36,94	60,13	140	GRUNDFOS SP 95-8	71,9	95
FO11	140,31	15	33,13	52,03	250	CAPRARI	65,9	256
FO12	142	21,85	36,12	65,97	100	CAPRARI	63,7	99,8
FO13	130,37	19,87	53,9	71,11	100	GRUNDFOS SP95-7	81,1	95
FO14	102,8	17,87	49,12	68,11	100	CAPRARI	85,1	100
FO15	124,8	5,8	29,5	60,86	250	GRUNDFOS SP125-6	60,1	125
FO16	138,1	11,84	32,1	68,86	250	CAPRARI Q=202m³/h ; H =	65	202
F1 bis	150	19,19	31,4	95,97	250	CAPRARI	72,7	125
F2 bis	150	16,75	27,75	96,11	150	GRUNDFOS SP 95-8	78,3	113
F3 bis	88	15,1	34,7	69,65	100	GRUNDFOS SP 95-7	85	95
F4 bis	117	15,37	20,1	68	180	GRUNDFOS SP 95-7	85	95
F5 bis	150	14,75	21,2	34,83	120	GRUNDFOS SP 95-7	85	95

Forage	Profondeur du forage [m]	Niveau statique au départ [m]	Niveau dynamique moyen actuel [m]	Profondeur d'immersion pompe (Côte crépine) [m]	Débit d'exploitation recommandé [m³/h]	Pompe	HMT pompe [mCE]	Débit pompe (m³/h)
F7	85	15,25	20,6	41	140	GRUNDFOS SP 95-7	81	95
F9	85	NR	14,48	53	190	GRUNDFOS SP125-4AAN	66	125
F11	83,5	18,9	30,76	53,8	138	GRUNDFOS SP 95-6	73	95
Total					3833			2971,8

*NR : Non Renseigné

Annexe 2: Tableau XVIII Comparaison du débit d'exploitation recommandé au débit des pompes installées

Forages	Débit d'exploitation recommandé (m³/h)	Débit pompes installées (m³/h)	Différence (m³)	Observations
FO1	200	125	75	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
FO2	200	125	75	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
FO3	140	141	-1	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO4	140	141	-1	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO5	200	207	-7	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO6	200	202	-2	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO8	200	125	75	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
FO9	140	95	0	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO10	140	95	45	La pompe installée ne correspond pas au débit

				d'exploitation recommandé
FO11	250	256	-6	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO12	100	99,8	2,8	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO13	100	95	5	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
FO14	100	100	0	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
FO15	250	125	125	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
FO16	200	202	48	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
F1 bis	250	125	125	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
F2 bis	150	113	37	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
F3 bis	100	95	5	La pompe installée correspond au débit d'exploitation recommandé
F4 bis	180	95	85	La pompe installée ne correspond pas au débit

				d'exploitation recommandé
F5 bis	120	95	25	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
F7	140	95	45	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
F9	190	125	65	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
F11	138	95	43	La pompe installée ne correspond pas au débit d'exploitation recommandé
Total	3833	2971,8		

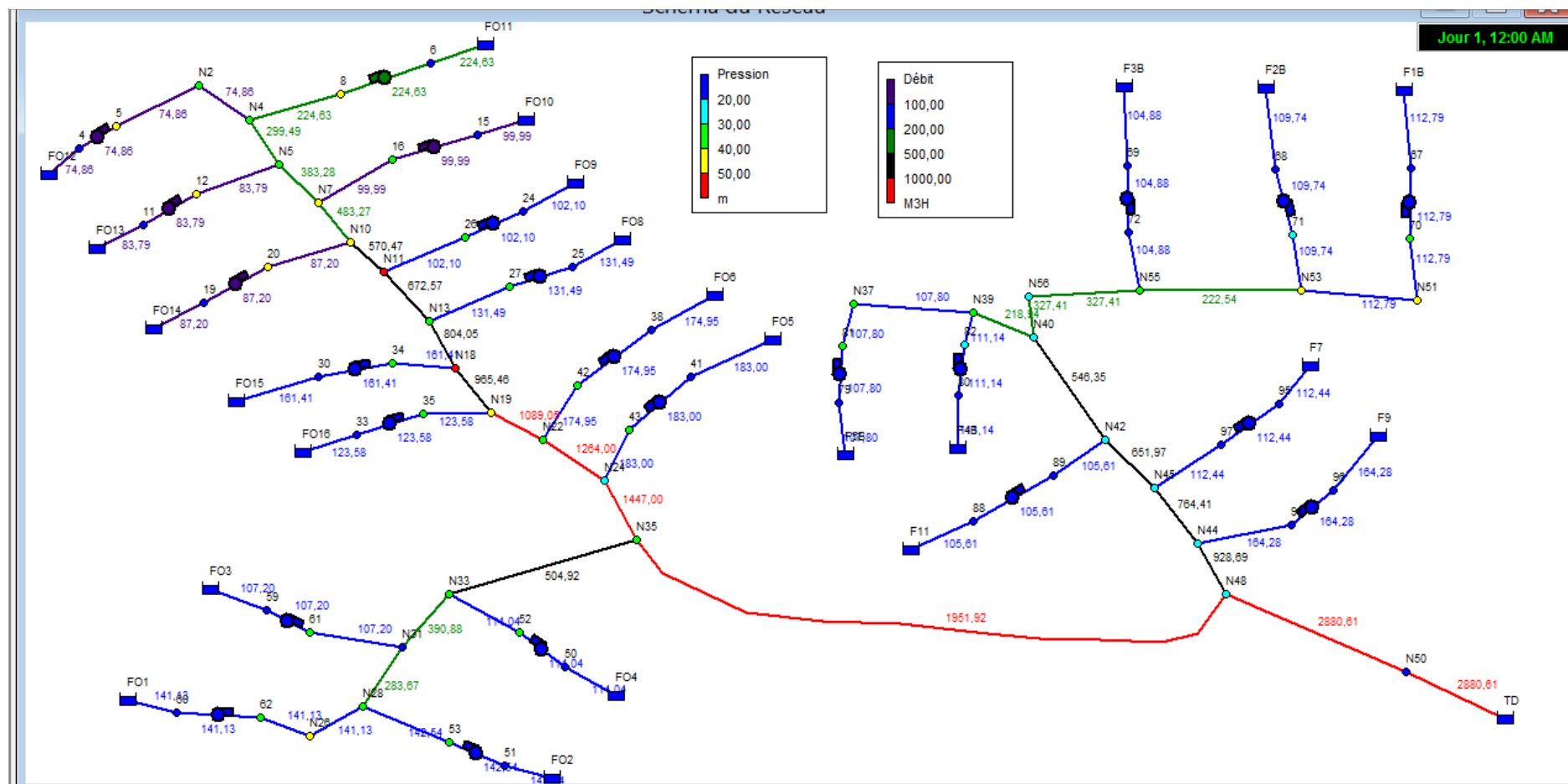
Annexe 3: Tableau XIX Vérification des conditions de vitesse

Tronçons	L ref [m]	Q [m³/h]	Dth exh [m]	Dret exh [m]	Dth ref [m]	Dret ref [m]	Uref [m/s]	Condition de vitesse
FO12 - N2	361,49	99,8	0,1879	0,150	0,211	0,184	1,04	Bonne
N2 - N4	640,22	99,8			0,211	0,2906	0,42	Mauvaise
FO11 - N4	69,332	256	0,3009	0,150	0,339	0,2292	1,72	Mauvaise
N4 - N5	201,47	355,8			0,399	0,3682	0,93	Bonne
FO13 - N5	362,88	95	0,1833	0,150	0,206	0,1840	0,99	Bonne
N5 - N7	504,47	450,8			0,449	0,3682	1,18	Bonne
FO10 - N7	60,95	95	0,1833	0,150	0,206	0,1840	0,99	Bonne
N7 - N10	60,783	545,8			0,495	0,3682	1,42	Bonne
FO14 - N10	252,26	100	0,1881	0,150	0,212	0,1840	1,04	Bonne
N10 - N11	578,49	645,8			0,538	0,3682	1,68	Mauvaise
FO9 - N11	103,41	95	0,1833	0,150	0,206	0,1840	0,99	Bonne

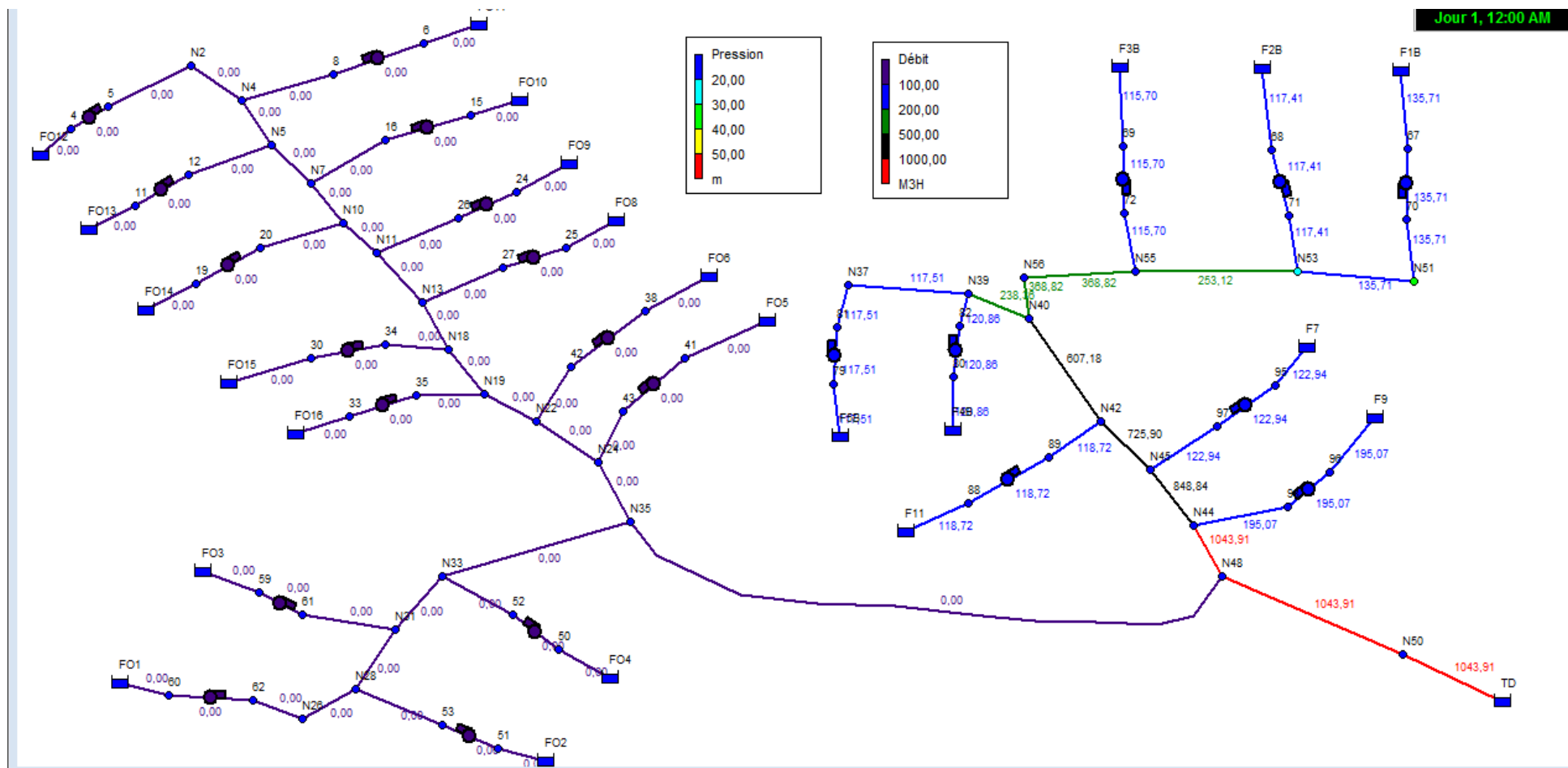
Tronçons	L ref [m]	Q [m³/h]	Dth exh [m]	Dret exh [m]	Dth ref [m]	Dret ref [m]	Uref [m/s]	Condition de vitesse
N11 - N13	450,49	740,8			0,576	0,4582	1,25	Bonne
FO8 - N13	91,53	125	0,2103	0,150	0,237	0,2292	0,84	Bonne
N13 - N18	253,73	865,8			0,623	0,4582	1,46	Bonne
FO15 - N18	474,673	125	0,2103	0,150	0,237	0,2292	0,84	Bonne
N18 - N19	57,738	990,8			0,666	0,5810	1,04	Bonne
FO16 - N19	357,43	202	0,2673	0,150	0,301	0,2292	1,36	Bonne
N19 - N22	1278,24	1192,8			0,731	0,5810	1,25	Bonne
FO6 - N22	72,153	202	0,2673	0,150	0,301	0,2292	1,36	Bonne
N22 - N24	546,66	1394,8			0,791	0,6548	1,15	Bonne
FO5 - N24	71	207	0,2706	0,150	0,305	0,2292	1,39	Bonne
N24 - N35	1667	1601,8			0,847	0,6548	1,32	Bonne
FO1 - N26	53,803	125	0,2103	0,150	0,237	0,2292	0,84	Bonne
N26 - N28	780,68	125			0,237	0,2906	0,52	Mauvaise
FO2 - N28	61,936	125	0,2103	0,150	0,237	0,2292	0,84	Bonne
N28 - N31	312,06	250			0,335	0,3682	0,65	Bonne
FO3 - N31	61,818	141	0,2233	0,150	0,251	0,1840	1,47	Mauvaise
N31 - N33	319,06	391			0,419	0,3682	1,02	Bonne
FO4 - N33	60,776	141	0,2233	0,150	0,251	0,1840	1,47	Mauvaise
N33 - N35	1166,55	532			0,488	0,4582	0,90	Bonne
N35 - N48	9916	2133,8			0,978	0,7678	1,28	Bonne
F1B - N51	35,88	125	0,2103	0,150	0,237	0,1702	1,53	Mauvaise
N51 - N53	604,92	125			0,237	0,1916	1,20	Bonne
F2B - N53	20	113	0,1999	0,150	0,225	0,1702	1,38	Mauvaise

Tronçons	L ref [m]	Q [m³/h]	Dth exh [m]	Dret exh [m]	Dth ref [m]	Dret ref [m]	Uref [m/s]	Condition de vitesse
N53 - N55	454,95	238			0,327	0,1916	2,29	Mauvaise
F3B - N55	21,98	95	0,1833	0,125	0,206	0,1702	1,16	Bonne
N55 - N56	117,6	333			0,386	0,1916	3,21	Mauvaise
N56 - N40	625,61	333			0,386	0,2674	1,65	Mauvaise
F5B - N37	839,07	95	0,1833	0,150	0,206	0,1702	1,16	Bonne
N37 - N39	303,1	95			0,206	0,1916	0,92	Bonne
F4B - N39	21	95	0,1833	0,125	0,206	0,1702	1,16	Bonne
N39 - N40	693,45	190			0,292	0,1916	1,83	Mauvaise
N40 - N42	327,36	523			0,484	0,6000	0,51	Mauvaise
F11 - N42	30	95	0,1833	0,125	0,206	0,1702	1,16	Bonne
N42 - N45	557,96	618			0,526	0,6000	0,61	Bonne
F7 - N45	228,95	95	0,1833	0,125	0,206	0,1362	1,81	Mauvaise
N45 - N44	20	713			0,565	0,6000	0,70	Bonne
F9 - N44	20	125	0,2103	0,150	0,237	0,1362	2,38	Mauvaise
N44 - N48	607,14	838			0,613	0,6000	0,82	Bonne
N48 - N50	7180	2971,8	1,0252		1,154	0,8000	1,64	Bonne
N50 - TD	100	2971,8			1,154	0,5	4,20	Mauvaise

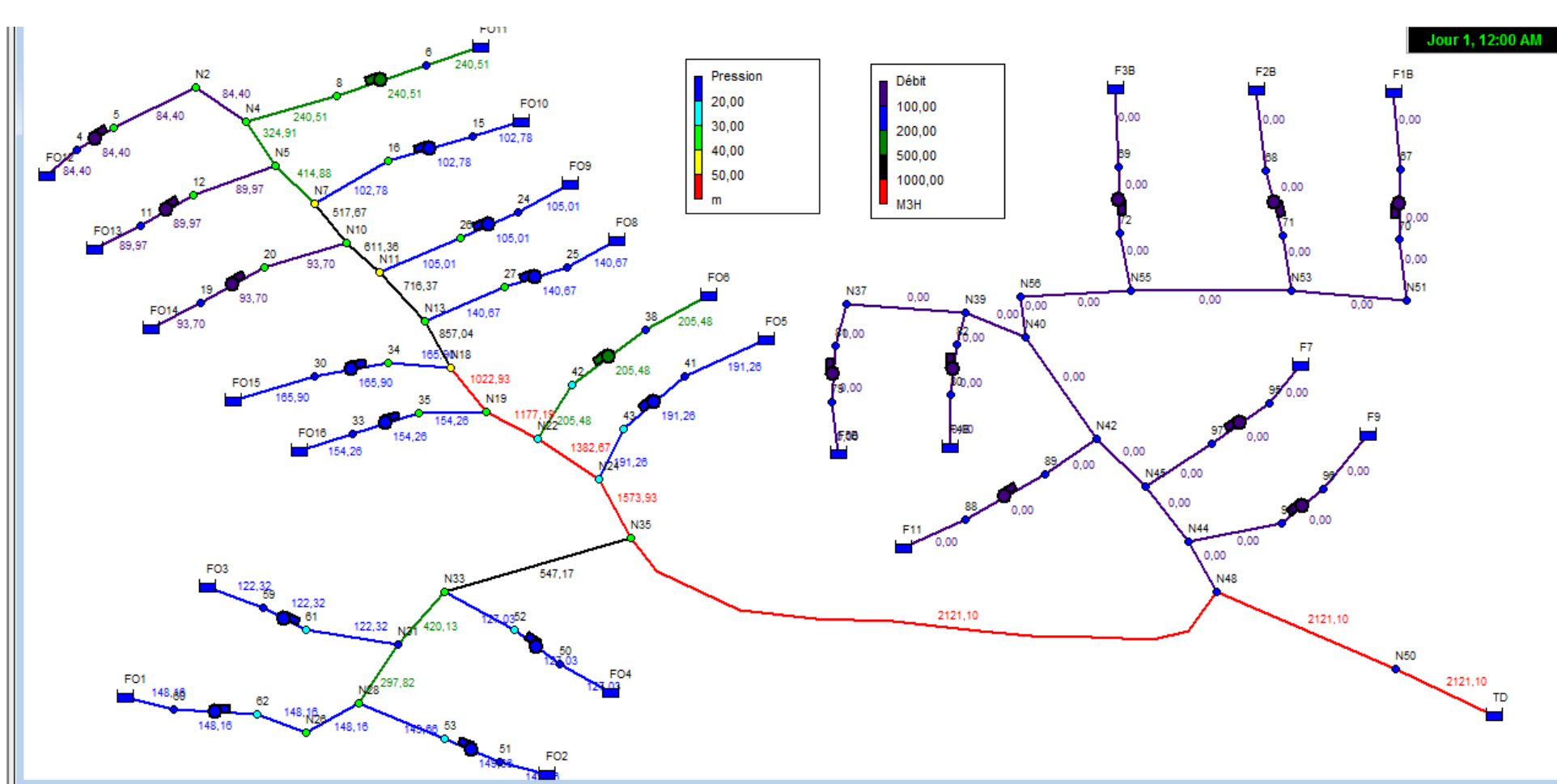
Annexe 4 : Simulation de l'état actuel du réseau



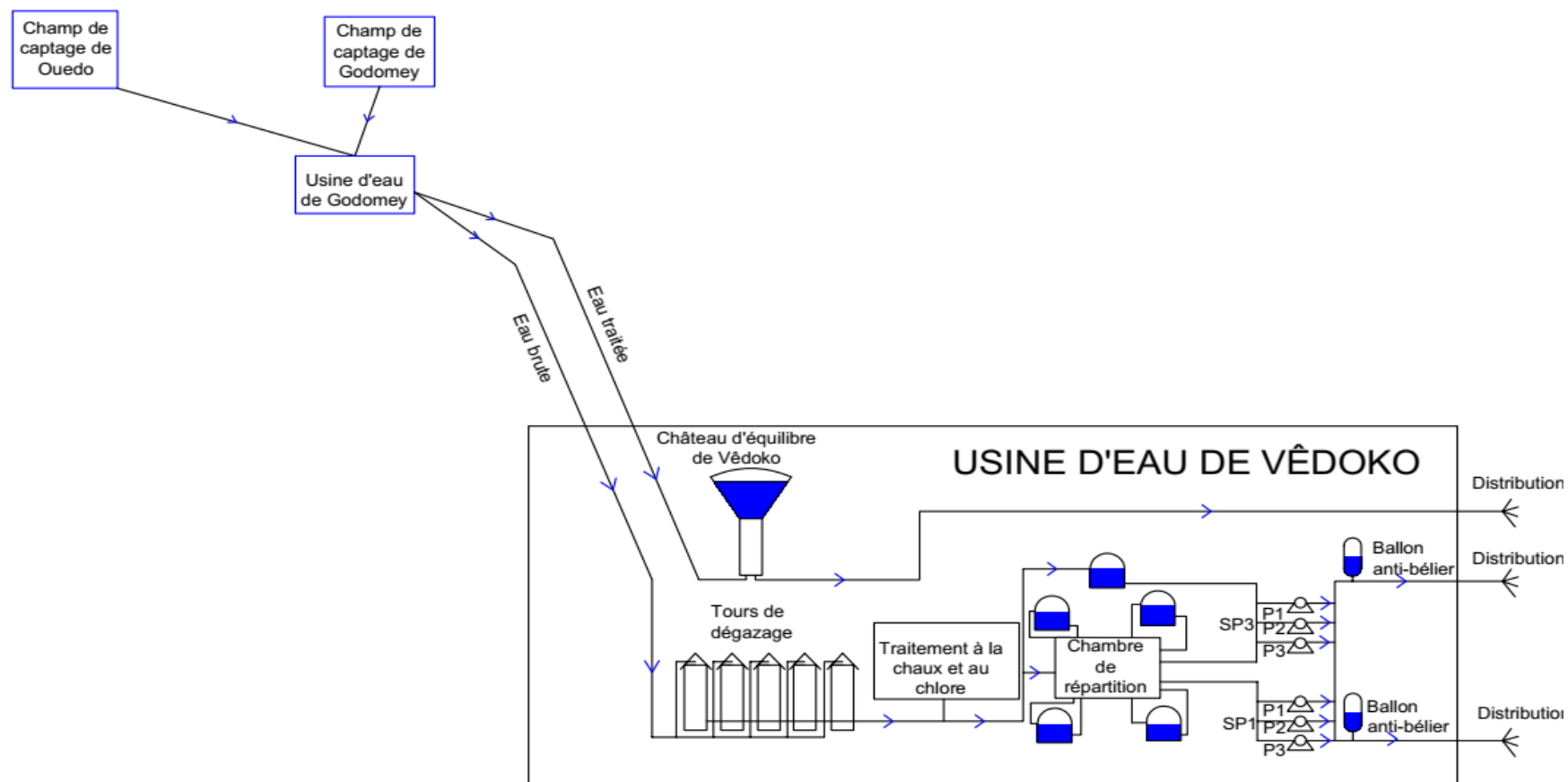
Annexe 5: Simulation avec les forages de Godomey



Annexe 6: Simulation avec les forages de Ouedo

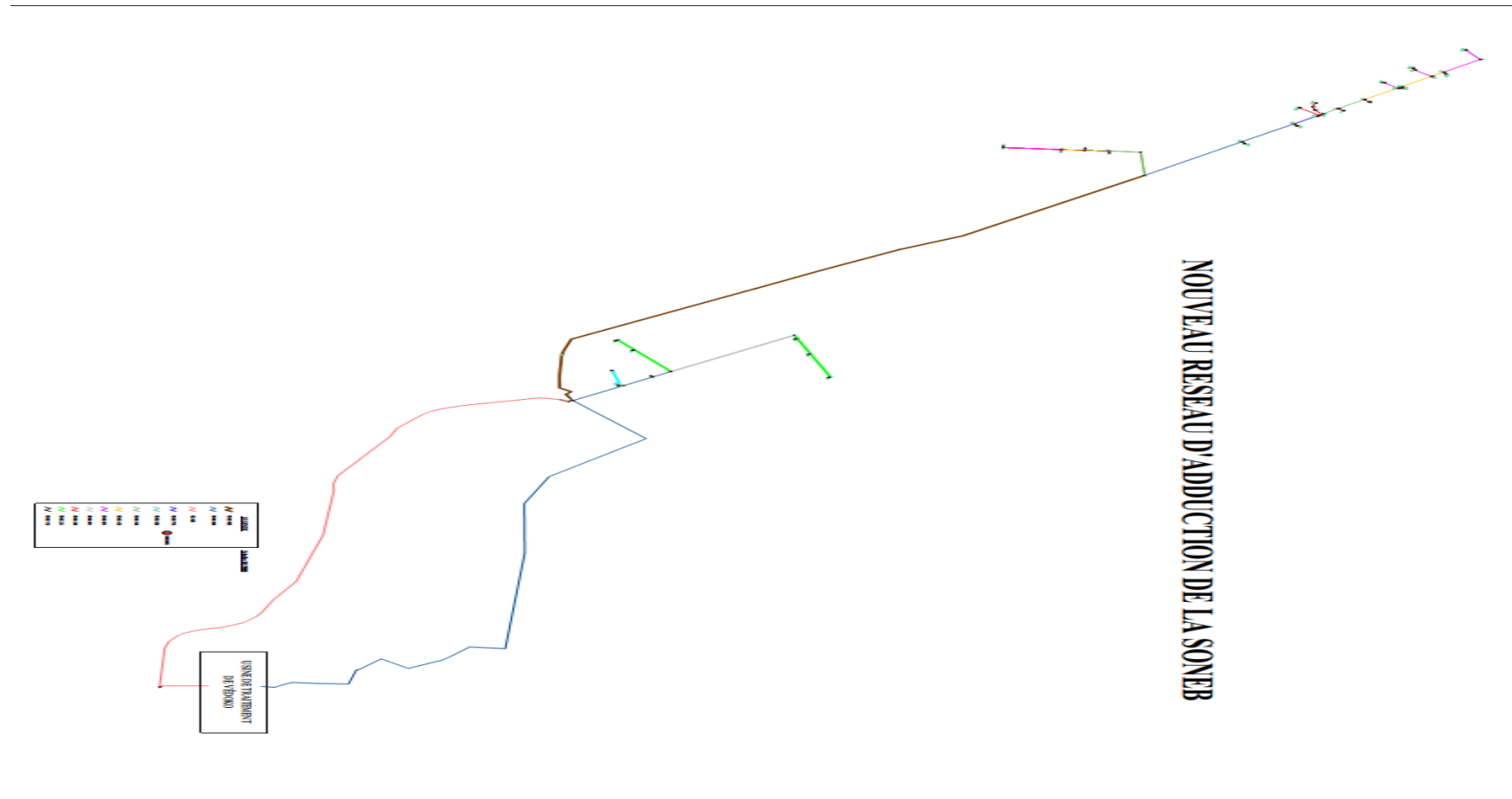


Annexe 7: Schéma synoptique du réseau d'adduction de Cotonou

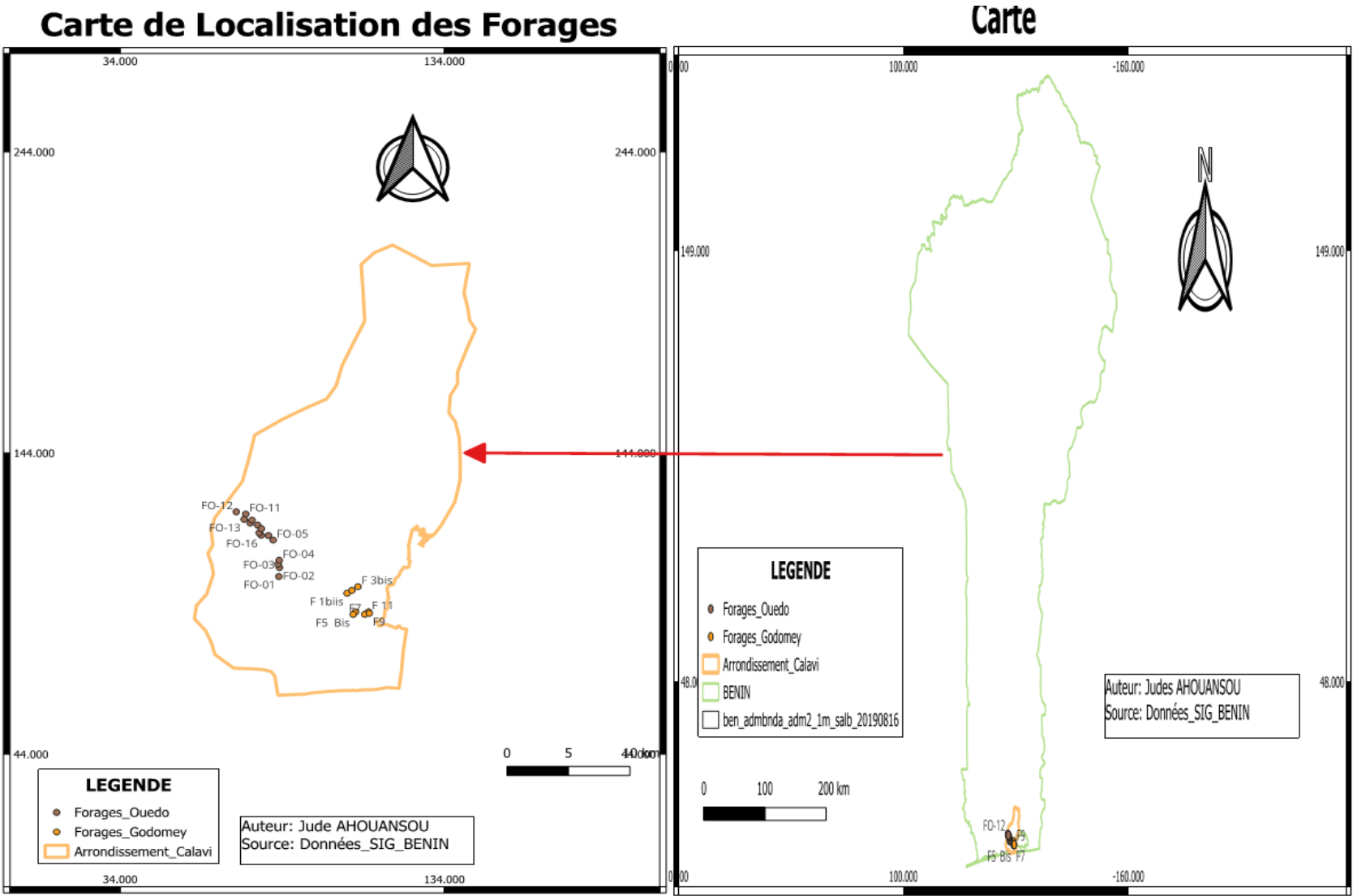


SCHEMA SYNOPTIQUE DU RESEAU D'ADDUCTION DE COTONOU

Annexe 8 Nouveau réseau de la SONEB



Annexe 9 Localisation forages SONEB



Annexe 10:Tableau XX Devis estimatif des travaux

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
1	FRAIS GENERAUX				
1.1	Installation de chantier	FF	1	3155000	315500000
1.2	Repli de chantier	FF	1	1500000	65000000
1.3	Etudes d'exécution	FF	1	5000000	25000000
1.4	Dossier de recollement des travaux	FF	1	2000000	5000000
	SOUS TOTAL				352000000
	TRAVAUX				
2.1	Fourniture et pose de Té	U	2	83619	167238
2.3	Fourniture et pose de Cône de réduction DN800/700	U	8	89125	713000
2.4	Fourniture et pose de robinets de vannes à papillon	U	2	4339400	8678800
2.4	Fourniture et pose de ventouse à 1 boule DN200	U	2	1386100	2772200
2.5	Excavation et Remblais pour conduite en tout type de terrain en toute nature conformément au CCTP	ML	31230	10097	315329310
	SOUS TOTAL				327660548
3	III BETON-BETON ARME-MACONNERIE				
3.1	Béton de butée poids pour la stabilité des conduites dosé à 350kg/m³	m³	56	48530	2717680
3.2	Béton de propreté dosé à 150kg/m³	m³	2.16	48530	104825
3.3	Maçonnerie d'agglos pleines de 20x20x40 sur deux couches	m²	100	14044	1404400
3.4	Béton de dallage légèrement armé dosé à 350kg/m³	m³	2.8	131253	367508

3.5	Béton armé pour les regards de visite des deux ventouses 1.80*1.80*1 dosé à 350 kg/m ³	m ³	1.5	131253	196880
3.6	Béton armé pour les regards de visite des deux vannes 1.80*1.80*1 dosé à 350 kg/m ³	m ³	1.5	131253	196880
3.7	Fourniture et pose de conduite PE 100, PEHD DN 800	ml	6940	362369	2514840860
	SOUS TOTAL				2519829033
	TOTAL				3199489581