



# ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU LOTISSEMENT SCI-SERPENTINS A ANGONDJE-LIBREVILLE AU GABON

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 05 Février 2022 par

**Ange Christ Leonel NZE OBAME (2013 0693)**

**Encadrant 2iE : Dr. Lawani Adjadi MOUNIROU, Enseignant-Chercheur**

**Maître de stage : M. Herman TANDA NKOMBE, Responsable de Division Etudes  
Transport et Distribution Eau à la SEEG**

Structure d'accueil du stage : Société d'Énergie et d'Eau du Gabon (SEEG)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Mahamadou KOITA

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO  
M. Moussa FAYE

**Promotion [2020/2021]**

## DEDICACES

Je dédie le présent document :

- ♣ À mon père OBAME NZE Mathias toi qui a toujours été là pour moi à différents moments et aspects de ma vie, et qui a porté un accent particulier sur mes études. Je te remercie encore pour tous les sacrifices consentis pour que je puisse aujourd'hui en arriver à la fin d'un parcours qui n'a pas toujours été de toute aisé ;
- ♣ À ma mère maman Ginette OBAME NZE toi qui m'a autant soutenu de par ta présence, tes conseils et par ton éducation reçue qui a pu me forger ;
- ♣ À ma mère maman MBAZOGHE Patricia, je te témoigne ma profonde affection pour ton sacrifice et ton assistance tout au long de ma vie ;
- ♣ À mon frère Philipe NLOME NZE, pour ton implication dans ma vie estudiantine, ta disponibilité et tes conseils ;
- ♣ À mon frère Roger NLOME NZE pour tes conseils, et tout le soutien dont tu as fait preuve malgré la distance.
- ♣ À Lesly MOUTSINGA pour ton soutien et pour ton amitié sans faille.

## REMERCIEMENTS

Je remercie le Seigneur DIEU tout puissant qui me soutient en tout temps et toutes circonstances.

Au terme de ce travail, je voudrais aussi remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je voudrais remercier la Société d’Energie et d’Eau du Gabon (SEEG) pour avoir accepté de bien vouloir me recevoir en son sein pour ce Stage. Mes remerciements vont aussi droit à mes encadreurs à savoir :

- ♣ M. Hermann TANDA NKOMBE, Responsable de Division Etudes Transport et Distribution Eau ;
- ♣ M. Aimée NTCHANDI TEVENET, Chef de Service Travaux Neufs Tiers et Branchements Complexes Eau ;
- ♣ M. Lawani Adjadi MOUNIROU Enseignant-Chercheur à l’institut International de l’Eau et de l’Environnement, 2iE

Pour leur disponibilité, leurs orientations, remarques et conseils.

L’ensemble du personnel de la SEEG et particulièrement la Direction Technique Eau pour leur disponibilité et hospitalité.

L’ensemble du corps professoral de l’institut 2iE pour la formation reçue tout au long de mon cursus.

## RESUME

Libreville capitale du Gabon est une ville en pleine expansion et dont les quartiers se développent rapidement. La ville reste ainsi confrontée à des problèmes d'alimentation en eau potable du fait de l'inadéquation entre la production en eau et le nombre d'abonnés qui demeure croissant. L'étude de l'alimentation eau potable du lotissement de 38 hectares dans le nord de la ville de Libreville dans le quartier d'Angondje et qui abritera près de 1775 habitants a pour but de réduire ce déficit hydrique et améliorer le taux de desserte de la ville. La démarche adoptée a consisté à faire dans un premier temps un état de lieux du système de production en eau de l'usine de Ntoum, puis, dans un second temps, évaluer les besoins et demandes en eau du nouveau lotissement. Ensuite, un réseau de distribution a été mis en place pour l'alimentation en eau potable du lotissement. Enfin, deux options d'adduction en eau du nouveau quartier ont été explorées.

Un raccordement sur le réseau existant

L'implantation de forages avec un réservoir pour l'alimentation du lotissement

Au vu des différents résultats obtenus, il en ressort que la solution adaptée pour une meilleure alimentation en eau du lotissement serait la mise en place d'un système autonome donc de ce fait l'implantation de forages et d'un réservoir.

Les couts en termes de réalisation sont plus élevés que ceux de la solution de raccordement au réseau du fait de la prise en compte des couts de réalisation de forage et la mise en place du réservoir ; toutefois la réalisation d'un tel système permettrait de pouvoir résoudre la problématique d'alimentation en eau du lotissement. Les pressions de services varieront entre 1,6 et 2,7 bars selon qu'on se retrouve en point bas ou en bout de réseau.

### Mots Clés:

---

**1 - Alimentation**

**2 - Angondje**

**3 – Lotissement**

**4 - Pressions**

**5 – Système autonome**

## **ABSTRACT**

Libreville, the capital of Gabon, is a city in full expansion and whose neighborhoods are developing rapidly. The city thus continues to face problems of drinking water supply due to the mismatch between water production and the number of subscribers, which is still growing. The study of the drinking water supply of the 38 hectare subdivision in the north of the city of Libreville in the district of Angondje and which will house nearly 1,775 inhabitants aims to reduce this water deficit and improve the service rate of the city. The approach adopted consisted in first making an inventory of the water production system of the Ntoum plant, then, secondly, assessing the needs and demands and water of the new subdivision. Then, a distribution network was put in place to supply the subdivision with drinking water. Finally, two water supply options for the new district were explored.

A connection to the existing network

The establishment of boreholes with a reservoir to supply the subdivision

In view of the various results obtained, it emerges that the appropriate solution for a better supply of water to the subdivision would be the establishment of an autonomous system and therefore the establishment of boreholes and a reservoir.

The costs in terms of realization are higher than those of the solution of connection to the network because of the taking into account of the costs of realization of drilling and the installation of the reservoir; however, the creation of such a system would make it possible to resolve the problem of water supply to the subdivision. The service pressures will vary between 1,6 and 2,7 bars depending on whether we are at the low point or at the end of the network.

### **Key words:**

---

**1 – drinking water**

**2 - Angondje**

**3 - subdivision**

**4 - pressures**

**5 – autonomous system**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

2iE : Institut International d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

AEP : Adduction en Eau Potable

Bjp : Besoin du jour de pointe

Cpj : Coefficient de pointe journalier

Djp : Demande de jour de pointe

Cph : Coefficient de pointe horaire

DN : Diamètre Nominal

DTO : Direction Technique Eau

HMT : Hauteur Manométrique Totale

NTM : Ntoum

NTM 3-4 : Usine de production Ntoum 3 et 4

NTM 5-6 : Usine de production Ntoum 5 et 6

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PVC : Polychlorure de Vinyle

Qmh : Débit moyen horaire

Qph : Débit de pointe horaire

RGPL : Recensement Général de la Population et des Logements du Gabon

SCI : Société Civile Immobilière

SEEG : Société d'Energie et d'Eau du Gabon

## SOMMAIRE

<b>DEDICACES .....</b>	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCEUIL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Présentation de la structure .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Management de la Direction Technique Eau .....</b>	<b>3</b>
<b>III. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Situation géographique de la zone d’étude .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Démographie .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Structure et taille des ménages .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Situation de l’approvisionnement en eau potable .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Qualité et prix de l’eau .....</b>	<b>5</b>
<b>IV. PRESENTATION DU PROJET.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Contexte et problématique .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Objectif principal et objectifs spécifiques de l’étude.....</b>	<b>7</b>
<b>V. METHODOLOGIE DE CONCEPTION.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Matériel.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Méthodologie de travail .....</b>	<b>8</b>

2.1.	Recherche bibliographique et visite de terrain .....	8
2.2.	Etat des lieux du système d’approvisionnement en eau .....	8
2.3.	Détermination des besoins en eau du lotissement .....	9
2.4.	Estimation de la population à l’horizon de saturation des logements .....	9
2.5.	La consommation moyenne journalière.....	9
2.6.	Besoins et demande de pointe journalière .....	9
3.	Détermination des débits horaires .....	10
3.1.	Débit horaire moyen .....	10
3.2.	Débit de pointe horaire.....	10
4.	Etudes du réseau projeté du lotissement.....	10
4.1.	Détermination du tracé du réseau .....	10
4.2.	Solution 1 : Raccordement au réseau existant.....	11
4.3.	Différents organes hydrauliques du réseau .....	11
4.4.	Dimensionnement.....	12
4.4.1.	Calcul des diamètres des conduites .....	12
4.4.2.	Calcul de la vitesse d’écoulement de l’eau .....	12
4.4.3.	Calcul des pertes de charge .....	12
5.	Solution 2 : Conception d’un système d’alimentation autonome.....	13
5.1.	Implantation de forage .....	13
5.2.	Détermination du nombre de forages à implanter.....	13
5.3.	Equipement du forage .....	13
5.4.	Le réseau d’adduction .....	16
5.4.1.	Le traitement .....	17
5.4.1.1.	Bâche de désinfection .....	17
VI.	RESULTATS .....	18
1.	Etude diagnostique du système d’alimentation en eau de la ville de Libreville .....	18
2.	Etude de faisabilité technique .....	24

2.1.	Etude de la solution de raccordement sur le réseau existant .....	24
2.1.1.	Besoins en eau du lotissement .....	24
2.1.2.	Dimensionnement du réseau .....	25
2.2.	Alimentation à partir des forages .....	28
2.2.1.	Implantation de forages.....	28
2.2.2.	Qualité des eaux souterraines .....	30
2.2.3.	Prescriptions techniques pour les forages.....	31
2.2.4.	Traitement de l'eau.....	35
<b>VII.</b>	<b>ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE .....</b>	<b>41</b>
1)	Etude des coûts de la solution 1.....	41
2)	Etude des coûts de la solution 2.....	41
<b>VIII.</b>	<b>ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....</b>	<b>43</b>
	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>43</b>
1.	Description des travaux .....	43
1.1.	Besoins en main d'œuvre.....	43
2.	Description de l'environnement du projet .....	43
2.1.	Milieux biologiques .....	43
2.2.	Milieux physiques.....	43
2.2.1.	Relief, paysage et sols.....	43
2.3.	Milieu humain .....	44
2.3.1.	Santé publique.....	44
2.4.	Enjeux environnementaux et sociaux.....	44
3.	Identification et évaluation des impacts .....	44
3.1.	Matrice d'identification des impacts potentiels.....	44
3.2.	Description des impacts potentiels.....	45
3.2.1.	Impacts sur le milieu physique .....	45
3.2.2.	Impact sur le milieu humain .....	46

<b>4. Evaluation des impacts .....</b>	<b>46</b>
<b>5. Plan de gestion environnementale et sociale .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1. Mesures d'atténuations et compensations .....</b>	<b>49</b>
<b>5.2. Suivi environnemental .....</b>	<b>51</b>
<b>5.3. Surveillance environnementale.....</b>	<b>51</b>
<b>IX. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>54</b>
<b>LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>55</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>56</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 : Caractéristiques Stations de transfert .....</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 2 : Caractéristiques Conduites de Transport .....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 3 : Fonctionnement des pompes de la bête d'Angondje .....</b>	<b>23</b>
<b>Tableau 4 : Besoins, demande en eau et débit de pointe horaire du Lotissement.....</b>	<b>25</b>
<b>Tableau 5: Forages recensés aux alentours de la zone d'étude .....</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 6 : Caractéristiques forages .....</b>	<b>30</b>
<b>Tableau 7: Détermination diamètres des Conduites de refoulement .....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 8 : Caractéristiques Conduites de refoulement .....</b>	<b>32</b>
<b>Tableau 9 : Caractéristiques pompes de refoulement eau brute .....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 10 : Caractéristiques pompe de refoulement eau traitée .....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 11 : Point de fonctionnement caractéristique de la pompe SP 4 – 30.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau 12: Point de fonctionnement caractéristique de la pompe NK 32-125.....</b>	<b>34</b>
<b>Tableau 13: Vérification coup de Bélier.....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 14: Valeurs des CT en mg.min/L pour l'inactivation des virus.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau 15: Caractéristiques de la bête de désinfection.....</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 16: Capacité du Réservoir de stockage .....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 17: Devis Solution 1 .....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau 18 : Devis Solution 2 .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau 19: Caractérisation des impacts .....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau 20: Evaluation des impacts .....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 21: Evaluation des impacts par phases.....</b>	<b>48</b>
<b>Tableau 22: Mesures correctives .....</b>	<b>50</b>
<b>Tableau 23: Mesures de bonification d'impacts positifs .....</b>	<b>51</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1: Organigramme de la Direction Technique de l'Eau du Gabon.....</b>	<b>3</b>
<b>Figure 2 : Situation géographique de la zone d'étude.....</b>	<b>4</b>
<b>Figure 3 : Vue aérienne du Lotissement.....</b>	<b>6</b>
<b>Figure 4 : Mesure de pression à l'aide de OCTOPUS LX.....</b>	<b>11</b>
<b>Figure 5 : Synoptique production Eau Libreville .....</b>	<b>19</b>
<b>Figure 6: bassin de décantation.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 7: Groupes de pompage eau brute NTM 3-4.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 8: Exhaure eau brute NTM 5-6.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 9: Réservoir eau traitée NTM 5-6.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 10: Synoptique distribution Eau Libreville .....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 11 : Courbe de pression au point de raccordement .....</b>	<b>26</b>
<b>Figure 12 : Point de fonctionnement de la pompe SP 4 - 30.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure 13: Point de fonctionnement de la pompe NK 32-125 .....</b>	<b>34</b>

## I. INTRODUCTION

La ville de Libreville, capitale du Gabon est soumise à une forte expansion démographique. Avec un taux d'urbanisation du pays de 80%, la population est concentrée au niveau de la capitale ce qui favoriserait la création de nouveaux quartiers. Cette situation demande des besoins constants d'amélioration et d'extension des infrastructures et services en particulierité dans le domaine de l'eau.

Libreville reste assujetti à des problèmes d'eau, du fait de la forte demande supérieure à l'offre actuelle. Toutefois la Société d'Energie et d'Eau du Gabon (SEEG) consent des efforts considérables en augmentant sa production ; ce qui a été le cas récemment en Avril 2021 avec la mise en service de la Station CIM2 qui produira environ 36 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour permettant ainsi le passage de la production de 220 800 [m<sup>3</sup>/j] à 256 000 [m<sup>3</sup>/j] pour environ 200 000 abonnés. Malgré cette augmentation de la production journalière, il y a des quartiers qui connaissent toujours des problèmes d'approvisionnement en eau potable (coupure d'eau, baisse de pression). C'est le cas du nouveau lotissement d'Angondje dans le nord de Libreville.

Cette étude a pour objectif l'alimentation du lotissement de 38 hectares dénommé Serpentins situé à Angondje dans le nord de Libreville. Elle consistera plus précisément à l'étude de la mise en place d'un système d'alimentation en eau des populations y vivant et celles futures selon le plan d'implantation des habitations.

Pour mener à bien notre étude, il serait nécessaire de débiter par un état des lieux du système de production et de distribution jusqu'à notre zone d'étude ceci nous permettra ensuite de pouvoir déterminer des solutions d'alimentation en eau du lotissement et de considérer au final la Solution adéquate en termes d'efficience.

## II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL

### 1.1. Présentation de la structure

Crée en 1950, la SEEG est une société anonyme au capital de 1.500.000.000 FCFA. Elle a pour mission d'assurer la production, le transport, la distribution et la commercialisation de l'eau et de l'électricité nécessaire au développement socio-économique du GABON. Elle est présente dans plus de 40 villes du pays et compte à ce jour près de 1700 salariés. La SEEG a été reprise en 1997 par la société française Veolia pour un contrat de concession de 20 ans.

La SEEG est réquisitionnée par l'Etat Gabonais le 16 février 2018. Elle est dirigée par un Directeur général assisté de deux directeurs généraux adjoints ; l'un chargé de l'Administration Générale et des Finances et l'autre chargé de la Technique et des Opérations. Après la Direction Générale, s'ensuivent les différents départements qui ont à leur tête chacun un chef de département.

Pour ce qui est de l'unité d'accueil, il s'agit du Département Technique qui regorge en son sein la Direction Technique Eau (DTO) constituée de cinq (5) Divisions.

Le stage s'effectue au niveau de la Division Etude Transport et Distribution eau. Les missions de cette division sont :

- Accomplir en collaboration avec les exploitants les études et définition et de dimensionnement des ouvrages de distribution d'eau potable (réseaux de transport et de distribution d'eau) ;
- Réaliser les études de raccordement tiers (branchements complexes eau) en interface avec les services du Département clientèle ;
- Organiser les documents de consultation des entreprises ; participer à l'analyse technique des offres de marché ;
- Suivre et contrôler la qualité et la quantité des travaux sur site, vérifier et contrôler physiquement les équipements à mettre en œuvre ;
- Elaborer les plannings et les budgets d'exécution ;
- Recevoir les ouvrages y compris les levées de réserve en collaboration avec l'exploitant et faire le suivi de la période de garantie des ouvrages.

## 1.2. Management de la Direction Technique Eau

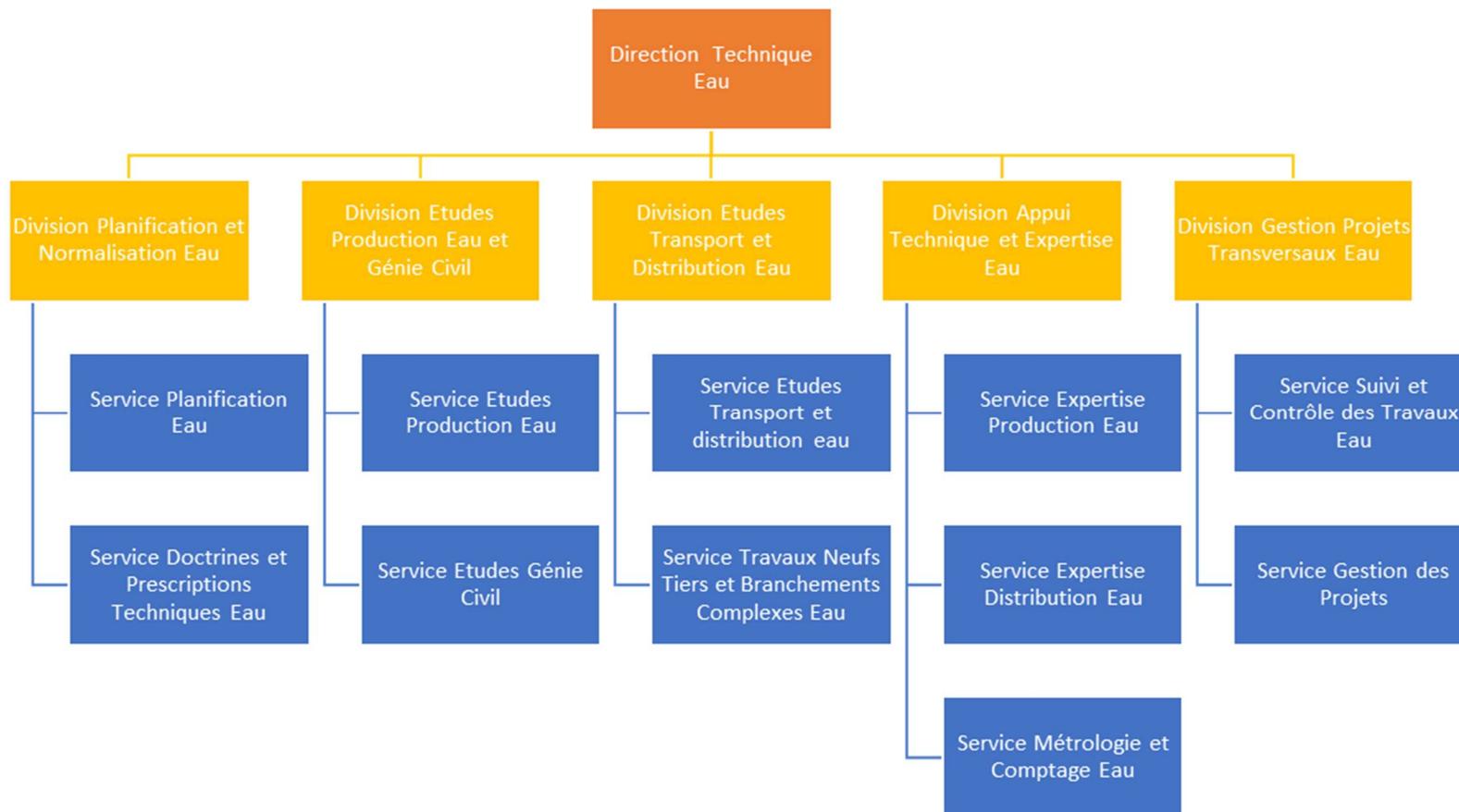


Figure 1: Organigramme de la Direction Technique de l'Eau du Gabon

### III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

#### 1.1. Situation géographique de la zone d'étude

La zone d'étude est située à Akanda qui est une commune du grand Libreville. La commune d'Akanda regroupe les quartiers Angondjé, Avorbam, La Sablière, Le cap Estérias.



Figure 2 : Situation géographique de la zone d'étude

## **1.2. Démographie**

La croissance démographique de la commune d'Akanda est rapide et son développement l'est un peu moins. Les infrastructures urbaines suivent timidement le rythme des constructions nouvelles. La population totale d'Akanda est de 34 548 habitants, dont la répartition est : 4 407 habitants au premier arrondissement et 30 141 habitants au deuxième arrondissement (RGPL-2013). En effet, le deuxième arrondissement de la commune est plus moderne et développé que le premier, qui est sans doute constitué de forêt et encore un peu constitué comme zone rurale.

## **1.3. Structure et taille des ménages**

La composition des ménages est faite en moyenne de 5 personnes, et se généralise aux différents milieux de résidence. Les ménages de grande taille (9 personnes ou plus) ne représentent que 16% (BENGOBSANE *et al.*, 2000).

## **1.4. Situation de l'approvisionnement en eau potable**

Selon le recensement général de la population gabonaise, l'accès à l'eau reste un problème crucial au Gabon. Les statistiques issues du ministère de la planification attestent que :

- ❖ 66% de la population totale ont accès à l'eau potable dont :
  - 36% de la population ont directement accès à l'eau potable dans leurs logements ;
  - 21% de la population totale ont accès à l'eau potable auprès du voisin ;
  - 9% de la population totale ont accès à l'eau potable à la borne-fontaine ;

## **1.5. Qualité et prix de l'eau**

L'eau potable est l'un des produits alimentaires les plus contrôlés au Gabon. Elle fait l'objet de contrôles fréquents et rigoureux, garantissant le respect des normes auxquelles doit obéir une eau de consommation humaine. La SEEG s'appuie sur un réseau de 38 laboratoires équipés et répandus sur l'ensemble du territoire national, qui effectuent plus de 300 000 analyses par an et d'un laboratoire central eau accrédité ISO 17025. Son coût au mètre cube s'élève à 448 FCFA (SEEG).

## IV. PRESENTATION DU PROJET

### 1. Contexte et problématique

Le lotissement SCI « Les SERPENTINS » des enseignants-chercheurs de l'enseignement supérieur est situé dans la commune d'Akanda au Nord de Libreville, capitale du Gabon. Ce lotissement est constitué de plus de 300 parcelles et plusieurs acquéreurs y habitent déjà. Avec un fort potentiel d'abonnés, il présente un problème d'approvisionnement en eau potable du fait de l'absence d'un réseau de distribution et le réseau de distribution eau partiel existant n'est pas réalisé dans les règles de l'art. Malheureusement, le réseau et les branchements ont été vandalisés à plusieurs endroits. Les résidents ont tiré des branchements archaïques sur des centaines de mètres occasionnant ainsi de nombreuses fuites.

Dans le cadre de ce stage, nous procéderons à l'étude de l'adduction en eau potable dudit lotissement et la mise en conformité des branchements existants.



Figure 3 : Vue aérienne du Lotissement

## **2. Objectif principal et objectifs spécifiques de l'étude**

L'objectif principal de cette étude est de contribuer à l'amélioration de l'accès à l'eau potable des habitants du nouveau lotissement « les Serpentins » par la réalisation d'une étude technique d'un système d'AEP.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- ❑ Faire le diagnostic du système actuel d'alimentation en eau potable du nouveau lotissement les Serpentins ;
- ❑ Réaliser une étude de faisabilité technique pour la réalisation du système d'adduction d'eau potable sur la base d'une investigation socio-économique préalable ;
- ❑ Réaliser un devis estimatif et quantitatif ;
- ❑ Réaliser une notice d'impact environnemental.

A l'issue de cette étude, les résultats escomptés sont :

- ❑ Les besoins en eau de consommation des populations sont évalués ;
- ❑ Un système viable d'approvisionnement en eau potable est conçu et dimensionné pour le nouveau lotissement ;
- ❑ Les plans du réseau d'adduction et de distribution sont réalisés ;
- ❑ Les pièces sont dessinées et les caractéristiques des ouvrages à mettre en place sont disponibles ;
- ❑ L'estimation du coût du projet est réalisée ;

## **V. METHODOLOGIE DE CONCEPTION**

### **1. Matériel**

Tout au long de notre étude, nous avons utilisé un certain nombre d'équipements à savoir :

- Matériels de bureau : Ordinateur portable
- Cartographie et plan réseau
- Véhicule pick-up pour les visites
- GPS
- Appareil de mesure de pression Octopus LX
- Appareil photo pour les prises de vue.
- Roulette (odomètre)

### **2. Méthodologie de travail**

#### **2.1. Recherche bibliographique et visite de terrain**

Pour pouvoir mener à bien cette étude, quelques activités nécessaires ont été réalisées au préalable. Il s'agit entre autres d'une recherche bibliographique sur les systèmes d'alimentation en eau potable en général et sur celui de la ville de Libreville en particulier. Nous avons ainsi eu recours à la documentation SEEG (plans à l'appui), le centre de documentation du 2<sup>ie</sup> et internet.

Des visites de terrain ont ensuite été effectuées. D'abord, on a été à la station de Ntoun lieu de localisation de l'usine de production. Ainsi un état de lieu de la production en eau a pu être opéré partant du transfert d'eau brute à l'usine de traitement (stations de transfert, différents ouvrages à l'usine de traitement, les réservoirs de stockage). Les visites suivantes ont été effectuées sur la zone d'étude afin de faire un état de lieu, de pouvoir définir les linéaires des conduites en concordance avec le tracé réseau (projeté). Ces visites ont aussi permis de pouvoir collecter des données nous permettant de déterminer un mode d'alimentation de la zone.

Nous avons pu effectuer des mesures de pressions afin de déterminer le point de raccordement au réseau existant comme première solution et la détermination du lieu d'implantation des forages dans le cadre d'une alimentation autonome du lotissement qui fait office de deuxième solution.

#### **2.2. Etat des lieux du système d'approvisionnement en eau**

Il s'agira de faire un état de lieu sur le fonctionnement du système d'AEP de la ville de Libreville depuis les lieux de captage, en passant par la station de traitement pour en finir sur le réseau de distribution.

### 2.3. Détermination des besoins en eau du lotissement

Notre étude vise à satisfaire les besoins en eau potable du lotissement à l'horizon de saturation. Afin d'arriver à ce but, nous allons procéder à l'estimation des besoins en eau qui est en relation avec l'évolution démographique ainsi qu'avec le mode de vie de la population et des équipements existants.

Les besoins peuvent être classés comme suit :

- Besoins domestiques
- Besoins sociaux culturels et sportifs et les besoins commerciaux

Dans notre projet nous prendrons uniquement en compte que les besoins domestiques car le lotissement ne regorge pas d'autres services.

### 2.4. Estimation de la population à l'horizon de saturation des logements

Les différents types d'infrastructures que nous aurons dans ce lotissement

Types d'infrastructures	Nombre
Logement	355

En considérant le taux d'occupation des logements à 5 personnes/logement ; Nous pouvons déterminer la population à l'horizon de saturation de ces logements.

$$\text{Nbre d'habitants} = \text{Nbre de logements} * 5 = 355 * 5 = 1\ 775 \text{ habitants}$$

### 2.5. La consommation moyenne journalière

La consommation moyenne journalière se détermine en tenant compte des différents types de consommateurs à savoir domestique, socio-culturel et commerciaux. Nous n'allons considérer que les consommations domestiques pour nos calculs.

Pour le cas de notre lotissement nous n'allons considérer que les besoins domestiques. En nous basant sur les données de consommations en zone urbaine qui est de l'ordre de 70 à 150 litres. Nous prendrons 150 litres/jour/habitants pour le calcul de nos besoins. (Recommandations SEEG en termes de desserte en eau en zone urbaine).

- **Consommation moyenne journalière**

$$B_{mj}(m^3/j) = \frac{\text{Nbre d'habitants} \times \text{Conso (l/J/hbts)}}{1000}$$

### 2.6. Besoins et demande de pointe journalière

Les besoins du jour de pointe correspondent au jour de la plus grande consommation en eau dans l'année. Elle est obtenue en multipliant la consommation moyenne journalière par un

coefficient appelé coefficient de pointe journalier qui tient compte de l'irrégularité de la consommation horaire au cours de la journée. Il est nommé CPJ et varie entre 1,05 et 1,15.

Nous allons considérer 1,1 comme coefficient

$$B_{JP} = B_{jm} \times C_{pj}$$

La demande du jour de pointe intègre les pertes dans le réseau et celles de la station de traitement.

$$D_{JP} = \frac{B_{JP}}{\eta_{dis} \times \eta_{trai}}$$

Les pertes de distribution varient entre 10% et 20%. Nous prendrons 10% de pertes pour notre cas, donc un rendement de distribution  $\eta_{dis} = 90\%$ . On prendra un rendement de 95% au niveau du traitement.

### 3. Détermination des débits horaires

#### 3.1. Débit horaire moyen

C'est la quantité d'eau consommée en moyenne en une heure dans la journée.

$$Q_{mh} = \frac{B_{JP}}{24 \times \eta_{dis}}$$

#### 3.2. Débit de pointe horaire

C'est le débit de dimensionnement du réseau de distribution. Il est obtenu par le produit du débit moyen horaire et du coefficient de pointe horaire  $C_{ph}$  qui rend compte de la pointe de la consommation au cours de la journée. Il varie entre 1,5 et 3.

$$Q_{ph}(m^3/h) = C_{ph} \times Q_{mh}$$

### 4. Etudes du réseau projeté du lotissement

#### 4.1. Détermination du tracé du réseau

Notre zone d'étude est un lotissement qui s'étend sur une superficie de 38 hectares, l'alimentation se fait en fonction du besoin donc du nombre d'habitations qui est évalué à 355. Le tracé du réseau est fonction des deux solutions envisagées pour l'alimentation de la zone ; tout en respectant les distances réglementaires de 30m pour des branchements privés partant de la conduite au compteur du client (Réglementation SEEG).

Comme précisé ci-dessus, pour procéder à l'alimentation de ce lotissement deux (2) solutions ont été retenues, la première étant un raccordement sur le réseau existant et la seconde une implantation de forages en fonction de la demande dans la zone.

Toutefois le tracé demeure le même pour deux (02) types d'alimentation mais avec des points de raccordement différents.

S'agissant du raccordement au réseau existant nous pouvons observer sur le plan en (annexe 14) l'existence d'un réseau alimentant une cité voisine à 19m du lotissement. La conduite sur laquelle on procédera au raccordement est une conduite de type fonte DN150.

#### **4.2. Solution 1 : Raccordement au réseau existant**

Le point de raccordement a été déterminé à l'issue des mesures de pression à l'aide d'un appareil de type **OCTOPUS LX** qui enregistre toutes les 5 min sur 48h au niveau d'un point d'alimentation de compteurs d'eau.



Figure 4 : Mesure de pression à l'aide de OCTOPUS LX

#### **4.3. Différents organes hydrauliques du réseau**

Notre réseau sera principalement constitué des conduites en PEHD au vu des différents avantages qui caractérisent ce matériau notamment sa durée de vie importante, l'insensibilité à la corrosion, la limitation du nombre de joint avec la soudure donc de ce fait des fuites et sa facilité à être manœuvré. En tenant compte de notre réseau projeté et de notre profil topographique, des organes hydrauliques vont être disposés le long du réseau. Il s'agit entre autres des :

- Des ventouses pour évacuer l'air contenues dans les conduites au niveau des points hauts (nous opterons pour des ventouses double fonctions)
- Des vidanges au niveau des points bas
- Le positionnement des plaques pleines à la fin des tronçons sans suite
- Des vannes (raccordement et sectionnement) pour isoler les tronçons en cas de maintenance réseau.

#### 4.4. Dimensionnement

La phase de dimensionnement consiste à déterminer par calcul les différents diamètres de conduites, tout en respectant les conditions de vitesse d'écoulement du fluide, les pressions au niveau des nœuds. A l'issue de ces différents calculs nous déterminerons un carnet de nœud qui renseignera sur les organes hydrauliques à mettre en place.

##### 4.4.1. Calcul des diamètres des conduites

Après avoir déterminé en amont les débits à partir des besoins du lotissement, nous déterminons les diamètres théoriques des conduites à partir de la formule :

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

Après détermination des diamètres théoriques, nous avons fait le choix à partir d'un catalogue des diamètres de type PEHD se rapprochant le plus des diamètres théoriques calculés.

##### 4.4.2. Calcul de la vitesse d'écoulement de l'eau

Afin de favoriser un bon écoulement dans les conduites, une condition de vitesse est imposée.

En règle générale la vitesse est comprise entre  $0.5 < V < 1,2$

Les vitesses supérieures à 0.5 m/s limitent les dépôts au niveau des conduites et celles inférieures à 1,2 m/s permettent de limiter des ruptures de conduites et d'en assurer ainsi la pérennité du réseau.

La vitesse est déterminée à partir de la formule suivante :

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

##### 4.4.3. Calcul des pertes de charge

Les pertes de charges dans un réseau sont principalement dues à la longueur des conduites et des différentes singularités qui existent sur le réseau (vannes, ventouses, coudes, Tés). Afin de pouvoir déterminer ces pertes de charges nous avons utilisé la formule de Darcy Weisbach :

$$H = \frac{8 \lambda L}{\pi^2 g} \times \frac{Q^2}{D^5}$$

Avec :

$\lambda$  : coefficient de résistance

Q : débit (m<sup>3</sup>/s)

D : diamètre (m)

L : Longueur de la conduite (m)

$g$  : Accélération de la pesanteur

Le coefficient de résistance est calculé à partir de la formule de Colebrook

$$\lambda = \left[ -2 \log \left( \frac{k}{3.71D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} \right) \right]^{-2}$$

Avec :

$k$  : Coefficient e rugosité,  $k = 0.0015 \text{ mm}$  pour le PEHD

$Re$  : Nombre de Reynolds  $Re = \frac{4Q}{\pi D \gamma}$

$\gamma$  : Viscosité cinématique de l'eau  $10^{-6}$

## 5. Solution 2 : Conception d'un système d'alimentation autonome

### 5.1. Implantation de forage

L'implantation des forages pour l'alimentation en eau potable nécessite des études bien précises notamment hydro géophysique. Ainsi des études avaient été menées sur le site afin d'implanter un forage pour alimentation provisoire du lotissement avant un éventuel raccordement au réseau SEEG ce forage se trouve hors service à l'heure actuelle.

Nous nous baserons sur les différentes études effectuées afin de procéder à des nouvelles implantations qui permettront de couvrir nos besoins en eau.

### 5.2. Détermination du nombre de forages à implanter

Afin de pouvoir couvrir les besoins en eau de notre lotissement, il est primordial de pouvoir déterminer le débit de pompage qui est fonction du temps de pompage.

Nous obtenons ainsi notre débit de pompage à partir de la relation

$$Q_p = \frac{\text{demande jour de pointe (m}^3\text{/j)}}{T_p \text{ (h/j)}}$$

Pour déterminer le nombre de forages nous utiliserons la relation suivante :

$$N_f = \frac{Q_p}{\text{Débit de pompage d'un forage}}$$

### 5.3. Equipement du forage

Après avoir procédé à l'implantation de nos forages, il est nécessaire de pouvoir les équiper, ainsi différents éléments sont à prendre en compte. Nous allons procéder à la complétion qui

est l'ensemble des opérations visant à équiper l'ouvrage de captage en vue de son exploitation. Elle comprend deux opérations principales :

- **Equipement techniques**
- **Développement**

L'équipement technique doit protéger l'ouvrage, permettre son exploitation optimale. Les différentes actions à mener sont :

- La mise en place du tubage et des crépines
- La pose du massif filtrant
- Le développement
- L'essai de pompage

- **Le Tubage**

Pour le tubage des forages nous utiliserons du PVC pour des raisons d'économie, de résistance à la corrosion et de facilité de mise en œuvre. Les tubages seront placés dans toutes les parties du terrain à isoler ou stabiliser.

Le choix du diamètre du tubage sera fonction du diamètre de la pompe qui lui aussi est fonction du débit d'exploitation du forage. Le diamètre de la chambre de pompage sera choisi légèrement supérieur à celui de la pompe. Il doit y avoir un espace suffisant entre le tubage et le trou de forage pour l'installation d'une couche de massif filtrant avec une épaisseur d'environ 3 pouces.

- **Les Crépines**

Les crépines sont réservées aux parties de captage de l'équipement, elle sera placée à la suite du tubage plein, face à une partie ou la totalité de la formation aquifère. Les cotes de pose des crépines seront déterminées à partir des informations fournies par la foration et leurs longueurs seront fonction de la formation à capter et du rabattement de la nappe, de ce fait elles seront placées au niveau des zones ayant des meilleures caractéristiques hydrauliques. La crépine aura pour fonctions principales de :

- Permettre la production maximale d'eau claire sans sable
- Résister à la corrosion due à des eaux agressives
- Avoir une longévité maximale

- **Le Massif filtrant**

Au niveau de la zone à capter, il sera nécessaire de mettre en place un gravier filtre qui jouera le rôle de filtre et de soutènement des parois, le massif de gravier est introduit dans l'espace annulaire de la partie captante. Il est fait de gravier calibré, siliceux et sa mise en place est indispensable en terrain meuble.

Afin d'avoir un meilleur rendement de notre ouvrage, nous procéderons à un choix de la granulométrie du gravier qui permettrait une meilleure ouverture des fentes des crépines. Le massif de gravier doit avoir des grains de dimensions supérieures à celles des ouvertures de la crépine. Aussi, l'ouverture des crépines et la granulométrie du massif dépendront de la granulométrie de la couche à capter.

- **Le Développement**

La phase de développement permettrait d'éliminer le plus possible d'éléments fins contenus entre les pores des éléments plus grossiers afin d'éviter de pomper du sable et de ne pas pouvoir tirer toute l'eau que pourrait fournir la nappe. Ces différents éléments pourraient être à l'origine de la détérioration du matériau de pompage s'ils n'étaient pas éliminés. Le développement améliorerait ainsi la productivité de notre ouvrage.

Il existe plusieurs types de développement, nous allons opter pour le développement pneumatique ou encore développement air lift, car sa mise en œuvre présenterait moins d'inconvénients. L'opération consistera à descendre une ligne d'air dans le tubage et à alterner de façon brutale les phases de soufflage créant ainsi des turbulences dans les terrains autour de l'ouvrage de captage qui vont entraîner des fines particules dans le forage avant d'être rejetées à la surface. Généralement au bout de 4 heures de développement air lift d'un forage, l'eau est dépourvue de sable et présente un aspect clair.

- **Les pompes de refoulement**

Les pompes de forages sont de types immergées le choix de ces pompes se fait sur la base des paramètres tels que la HMT et le débit de pompage.

- **Détermination de la HMT**

La Hauteur Manométrique Totale (HMT) est la pression que devra fournir la pompe entre le point d'aspiration et de refoulement. La HMT se détermine à partir de la relation :

$$HMT = H_g + \sum \text{Pertes de charges}$$

Avec  $H_g$  représentant la hauteur géométrique

$$H_g = \text{Cote Plan d'eau dans la bache d'eau} - \text{Cote niveau dynamique forage}$$

La formule de Darcy-Weisbach sera utilisée pour déterminer les pertes de charges dans la conduite de refoulement

$$\Delta H = \frac{8 \lambda L}{\pi^2 g} \times \frac{Q^2}{D^5}$$

#### 5.4. Le réseau d'adduction

L'implantation des forages se fera dans l'enceinte du lotissement, de ce fait les conduites de refoulement seront à proximité du réservoir qui lui aussi sera implanté au niveau du lotissement tout en prenant en compte les études hydrogéologiques et topographiques.

Les diamètres des conduites sont déterminés à partir des formules suivantes :

- Formule de Bresse  $D_{th}(mm) = 1.5 \times \sqrt{Q(m^3/s)} \times 1000$
- Formule de Bonin  $D_{th}(mm) = \sqrt{Q(m^3/s)} \times 1000$
- Formule de Bedjaoui  $D_{th}(mm) = 1.27 \times \sqrt{Q(m^3/s)} \times 1000$
- Formule de Meunier  $D_{th}(mm) = (1 + 0.02 \times T_p) \times \sqrt{Q(m^3/s)} \times 1000$
- Formule de Vuibert  $D_{th}(mm) = 1.547 \times \left(\frac{T_p \times e}{24 \times f}\right)^{0.154} \times [Q(m^3/s)]^{0.46} \times 1000$

#### ➤ Vérification de la résistance des conduites au coup de bélier

Le phénomène de coup de bélier résulte d'une variation brusque du régime d'écoulement uniforme et qui peut engendrer des variations de pression (surpression ou dépression) dans le réseau. Une surpression qui peut être due à une fermeture rapide d'une vanne peut conduire à l'éclatement d'une conduite, tandis qu'une dépression peut être due à l'arrêt brusque du pompage pouvant conduire à l'aplatissement de la conduite. D'où l'importance d'étudier ce phénomène afin de protéger le réseau.

Le calcul de la dépression/surpression se fera à partir de la formule suivante :

$$\Delta P = \pm \frac{C \times U_0}{g} \text{ avec } c = \sqrt{\frac{\epsilon}{\rho}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\epsilon D}{E E}}}$$

Avec :

C (m/s) : La célérité de l'onde

$U_0$  (m/s) : Vitesse d'écoulement uniforme

$\epsilon$  (Pa) : Module d'élasticité de l'eau =  $2 \times 10^9$

$\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) : Masse volumique de l'eau = 1000

D(m) : Diamètre de la conduite

E (m) : épaisseur de la conduite

E (Pa) : Module de YOUNG ( $3 \times 10^9$  pour le PVC et  $170 \times 10^9$  pour la fonte ductile)

### **5.4.1. Le traitement**

Le type de traitement de l'eau provenant des différents forages sera fonction des analyses de ces eaux. Les eaux souterraines étant moins chargées que les eaux de surface elles ne nécessitent pas forcément un traitement complexe. Toutefois les analyses en laboratoire nous donneront les différentes compositions. Le traitement se fera en amont de la distribution.

#### **5.4.1.1. Bâche de désinfection**

La bâche de désinfection est un ouvrage permettant l'élimination des bactéries, les germes vivants et les matières organiques contenus dans l'eau brute avant le refoulement au niveau du château d'eau. Ses dimensions favoriseront un temps de contact entre le Chlore et l'eau afin d'éliminer les microorganismes.

Pour ce faire nous avons besoin de déterminer quelques paramètres tels que :

- Le choix de l'efficacité d'élimination des virus
- La concentration en désinfectant en mg/L (CT), il est choisi en fonction de l'efficacité de traitement, le PH de l'eau et la température
- Le ratio T10/Tau, T10 étant le temps au bout duquel 10% de l'eau entrant dans la bâche est déjà sortie et Tau le temps de séjour hydraulique

## VI. RESULTATS

### 1. Etude diagnostique du système d'alimentation en eau de la ville de Libreville

L'eau distribuée et consommée dans le grand Libreville qui englobe les communes de (Ntoum, Libreville, Owendo et Akanda) est produite dans la ville de Ntoum située à 38 km de la commune de Libreville. Créée en 1961 L'usine de production de Ntoum représente la plus grande unité de production d'eau potable du Gabon elle a subi plusieurs évolutions jusqu'à nos jours. Elle est constituée de trois (3) unités de traitement dont une en arrêt (NTM 1-2) pour cause de vétusté seules les stations NTM 3-4, NTM 5-6 sont actuellement en activité.

#### a) Les unités de production

##### • Le captage

Le captage de l'eau brute se fait principalement au niveau de la rivière Nzémé. La rivière Nzémé principale source de captage d'eau brute a un bassin versant d'environ 91 km<sup>2</sup>. Dans l'optique de ne pas dépasser la capacité de ce cours d'eau, d'autres stations de transferts d'eau brute et des forages ont été réalisées aux environs de l'usine de traitement. Ces pompages se font dans les rivières Saza, Mbé, Méba, Assango et ces stations de transfert ne sont mises en service que pendant la période d'étiage.

Dans un souci d'augmentation de la production en vue d'une meilleure alimentation en eau de la ville, la SEEG s'est lancée dans l'exploitation d'une source d'eau provenant d'un aquifère d'une ancienne cimenterie (CIMGABON). Le captage au niveau de CIMGABON se fait à l'aide de prises d'eau flottante hydromobil. La mise en place de cette station a eu lieu en deux phases la première intitulée (CIM1) mise en place en 2015 et la deuxième intitulée (CIM2) dont la mise en service a eu lieu récemment le 15 Avril 2021.

Le captage d'eau brute au niveau de la Nzémé se fait à partir d'une prise en rivière.

- La station Ntoum 3-4 assure le pompage à l'aide de 4 groupes électropompes dont trois (3) utilisés en fonctionnement normal et un (1) de secours avec un débit de captage de 2000 m<sup>3</sup>/h en période d'étiage et 2600 m<sup>3</sup>/h en période de pluie.
- La station Ntoum 5-6 quant à elle assure le pompage à l'aide de 5 groupes utilisés en fonctionnement normal pour un débit de captage de 5 000 m<sup>3</sup>/h en période d'étiage et 5 400 m<sup>3</sup>/h en période de pluie.

Les caractéristiques des différentes stations de transfert eau brute sont consignées dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Caractéristiques Stations de transfert

Stations	Pompage	Débit max (m <sup>3</sup> /h)	HMT (mce)	Diamètre conduite d'adduction
MBE	Pompe à ligne d'arbre (2 pompes + 1 secours)	3 240	76,76	DN 700 Fonte
SAZA	Pompe à ligne d'arbre (2 pompes + 1 secours)	386	41,89	DN 800 Fonte
MEBA	Pompe à ligne d'arbre (2 pompes + 1 secours)	486	41,89	DN 900 Fonte
ASSANGO		Entre 1500 et 1600	69	

Le synoptique ci-dessous décrit explicitement le système de production de l'usine de Ntoun :

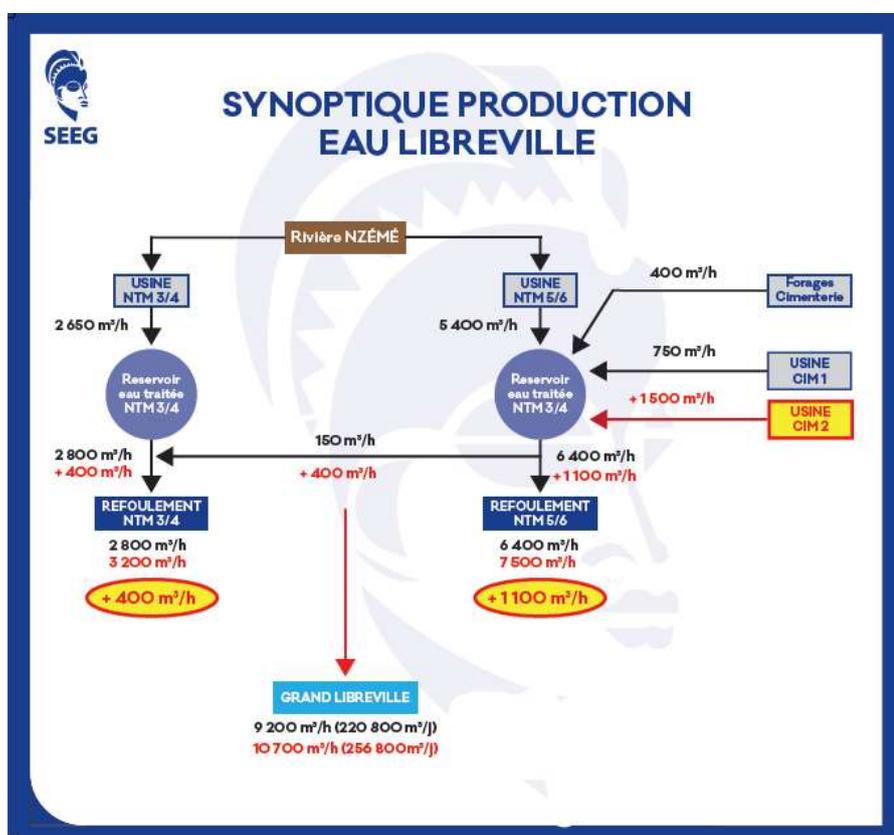


Figure 5 : Synoptique production Eau Libreville

- **Le traitement**

L'eau brute traitée au niveau des stations NTM 3-4 et NTM 5-6 provient principalement de la rivière Nzémé. En période d'étiage, les eaux captées au niveau des Saza, Mbé, Méba, Assango et des forges de Mfoulayong sont déversées au niveau de la Nzémé. Les usines CIM1 et CIM2 étant des usines autonomes, après captage de l'eau brute à partir de prises d'eau flottante un traitement est établi sur place avant refoulement dans les réservoirs eau traitée NTM 3-4 et NTM 5-6 avec des débits respectifs de 750 m<sup>3</sup>/h et 1 500 m<sup>3</sup>/h les eaux des forages de la cimenterie sont quant à elles aussi refoulées au niveau du réservoir eau traitée NTM 5-6. La

totalité de l'eau traitée est refoulée au niveau des réservoirs de tête à l'entrée de Libreville à l'aide des électropompes constituées de :

- Pour la station de traitement de Ntoun 3-4, quatre (4) groupes électropompes dont trois (3) utilisés en fonctionnement normal et un (1) de secours avec pour un débit de refoulement eau traitée de 3 200 m<sup>3</sup>/h en période d'étiage et 3100 m<sup>3</sup>/h en période de pluie avec une pression de 13 bars.
- Pour la station de traitement Ntoun 5-6, six (6) groupes électropompes dont cinq (5) utilisés en fonctionnement normal et un (1) de secours pour un débit au refoulement eau traitée de 7 500 m<sup>3</sup>/h en période d'étiage et 6100 m<sup>3</sup>/h en période de pluie avec une pression de 14,5 bars.

#### ➤ **Méthode de traitement**

L'eau produite au niveau de la SEEG jouit d'une certification ISO9001 et cela passe par un mode de traitement bien défini et très rigoureux à travers différentes étapes que sont :

##### ▪ **La Coagulation**

Cette étape a pour objectif d'agglomérer les matières en suspensions entre elles grâce à l'injection des réactifs tels que des sels de fer et aluminium dans un compartiment sous forte agitation.

##### ▪ **La floculation**

Cette étape a pour objectif d'accroître le volume, le poids et la cohésion du floc. L'agglomération des floes et leur grossissement sont opérés en injectant un réactif appelé floculant tout en procédant à une agitation lente au fur et à mesure dans un compartiment différent de celui de la coagulation.

##### ▪ **Décantation**

Cette étape a pour objectif de séparer par gravité, le floc formé de l'eau. Le floc est récupéré par décantation au fond de l'ouvrage et constitue des boues, qui sont extraites périodiquement.

##### ▪ **Filtration sur sable**

Cette étape permet de retenir à l'aide du sable les dernières particules en suspensions non éliminées dans le décanteur. L'efficacité de celle-ci dépend de la taille des grains de sable, de la hauteur du lit de sable et de la vitesse de filtration.

##### ▪ **Désinfection au chlore**

Cette étape a pour objectif d'éliminer les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval.

L'usine de Ntoun est composée de huit (08) décanteurs opérationnels dont quatre (04) par unité et seize (16) filtres dont huit (08) par unité.



Figure 6: bassin de décantation



Figure 7: Groupes de pompage eau brute NTM 3-4



Figure 8: Exhaure eau brute NTM 5-6



Figure 9: Réservoir eau traitée NTM 5-6

### b) Réseau d'adduction

Le réseau d'adduction de la ville de Libreville est constitué de quatre (4) conduites qui refoulent l'eau sortant des baches eau traitée de l'usine de NTOUM. Ces conduites sont de diamètres DN1200 mm, 1000 mm et 800 mm et 450 mm en fonte ductile sur un linéaire de 109 km acheminant l'eau jusqu'au réservoir de tête de la ville situés au PK9 et PK6, seules les conduites DN1000 et DN450 procèdent au transport et à la distribution en amont des réservoirs afin d'alimenter d'autres zones. Les caractéristiques de l'ensemble des conduites de transport sont consignées dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Caractéristiques Conduites de Transport

Numéro	Type	Diamètre nominal (mm)	Pression nominale	Longueur (km)	Fonction
1	Fonte	450	PN16	38	Transport
2	Fonte	800	PN25	34	Transport et distribution
3	Fonte	1000	PN25	35	Transport
4	Fonte	1200	PN12	36	Transport et distribution

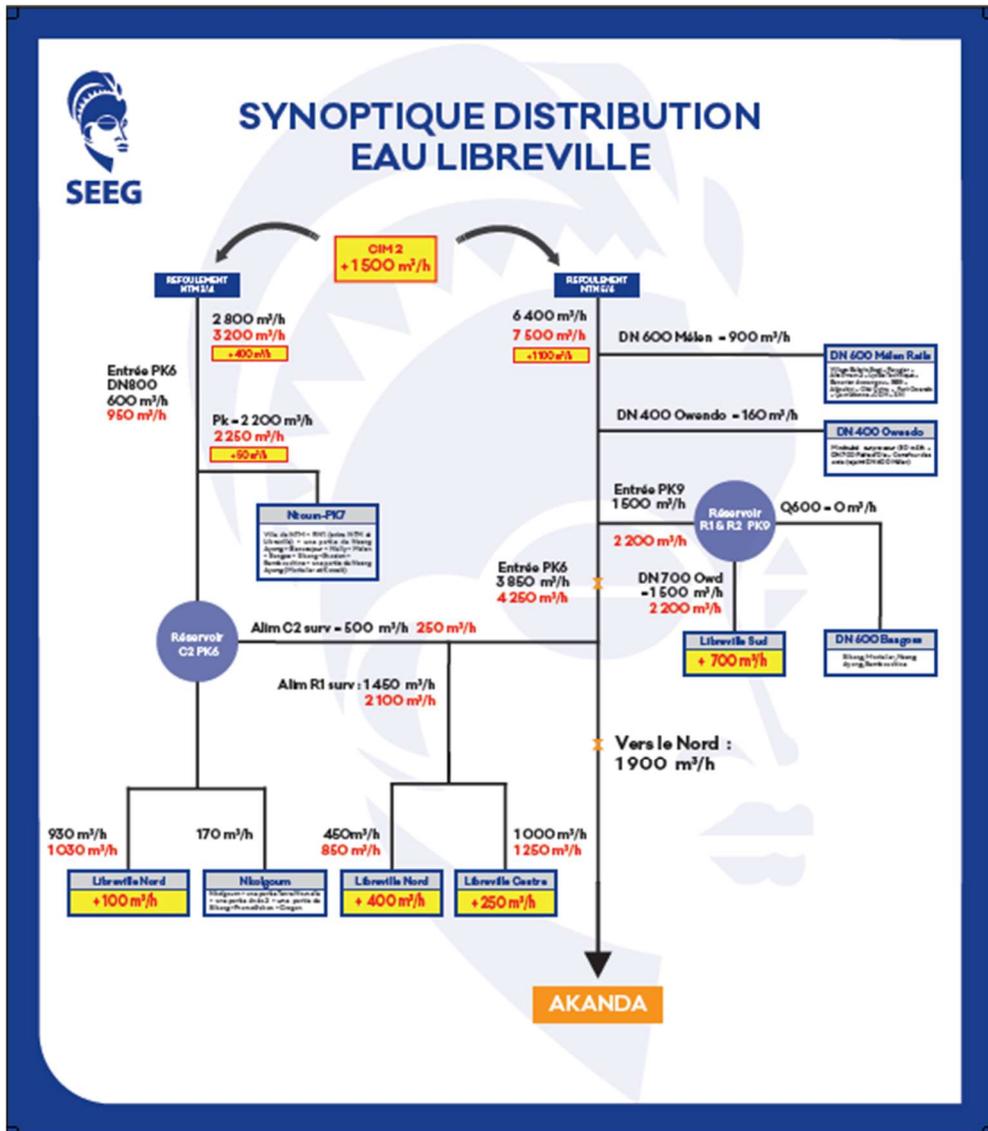


Figure 10: Synoptique distribution Eau Libreville

En ce qui concerne notre zone d'étude, elle est alimentée par la conduite DN1000 qui transite l'eau jusqu'à la bache d'ANGONDJE. Des prélèvements de débits sur cette conduite sont effectués à différents points (PK6, départ Nzeng Ayong, départ Bel air) une réduction de

diamètre est opérée au niveau de l'échangeur des charbonnages où elle passe de DN1000 à DN800 et continue ainsi jusqu'à l'alimentation de la bache.

▪ **La bache d'ANGONDJE**

La bache est alimentée par la conduite DN800 repartie en 2 conduites DN400 à l'entrée avec un débit moyen de 485 m<sup>3</sup>/h. Elle a une capacité de 2500 m<sup>3</sup> compartimentée en deux blocs de 1250m<sup>3</sup>. Elle est équipée de 4 pompes dont une de secours, toutes de marque KSB avec un débit de pompage de 300 m<sup>3</sup>/h et de HMT 58 m. A la sortie de la bache nous avons une conduite DN400 qui refoule de l'eau jusqu'au réservoir pour l'alimentation de zone.

En raison de la forte demande en eau dans la zone et afin de pouvoir mieux gérer la quantité d'eau au niveau de la bache des opérations sont mises en œuvre, celles-ci concernent le démarrage et l'arrêt de certaines pompes. De ce fait, afin de pouvoir rétablir la charge au niveau du réservoir pour une meilleure alimentation, un couplage de trois pompes est nécessaire par contre pour éviter tout débordement de la bache seule une pompe est mise en marche.

Le tableau 3 ci-dessous récapitule le mode de fonctionnement des pompes au niveau de la bache

**Tableau 3 : Fonctionnement des pompes de la bache d'Angondje**

Couplage de pompes	Débit (m <sup>3</sup> /h)
P1	212
P2	225
P3	230
P4	245
P1+P2	439
P1+P3	469
P2+P3	494
P3+P4	508
P1+P2+P3	679
P1+P2+P4	685
P2+P3+P4	732
P1+P3+P4	687

▪ **Le réservoir**

Le château d'eau d'ANGONDJE a une capacité de 1 500 m<sup>3</sup>. En raison d'une augmentation de la demande, un deuxième château de 2 500 m<sup>3</sup> a été construit mais pas mis en service jusqu'à lors pour des raisons techniques. Le réservoir de 1 500 m<sup>3</sup> demeure alors le seul à assurer la distribution dans la zone d'ANGONDJE.

- **Description du système d'alimentation de la zone d'étude**

La distribution dans la zone d'ANGONDE se fait de façon gravitaire partant du château d'une capacité de 1500 m<sup>3</sup> avec une conduite à la sortie du château de diamètre DN400. Le réseau est constitué de conduites de différentes natures les principales sont de diamètres (DN 400, 225, 160, 110, 90 et 63) en fonte ductile et PEHD. L'alimentation à proximité de notre zone d'étude est assurée par une conduite de diamètre DE160 PEHD résultant de la réduction de la conduite DN400 fonte. (Voir annexe 1)

## **2. Etude de faisabilité technique**

Au vu du travail à réaliser, nous avons procédé à l'établissement de deux solutions pour permettre une alimentation en eau de ce lotissement. Les approches en termes de calcul sont assez différentes du fait que la première solution n'est tout autre qu'un raccordement sur un réseau existant et la deuxième par contre nécessite la mise en place de forages au niveau de la zone d'étude permettant de couvrir les besoins en eau du lotissement. Cette mise en place prend plusieurs facteurs en compte, principalement Le dimensionnement de la station de pompage et du réservoir.

### **2.1. Etude de la solution de raccordement sur le réseau existant**

Notre zone d'étude se trouvant dans la zone nord de Libreville, elle est principalement alimentée grâce à une conduite de type Pehd DE 160 qui dessert en eau une cité avoisinante et un hôpital. Pour l'alimentation du lotissement, nous avons tout d'abord évalué les besoins en nous référant sur les consommations en zone urbaine. Le lotissement étant juxtaposé à une cité alimentée en eau, nous avons pu déterminer un point de raccordement sur la conduite la plus proche du lotissement qui est une conduite de type fonte DN150.

#### **2.1.1. Besoins en eau du lotissement**

Le lotissement est constitué de 355 logements. En nous basant sur les statistiques relatifs au nombre d'habitants par logement qui est de 5 personnes en zone urbaine et la consommation moyenne par habitant de 150 litre/jour nous avons pu déterminer la consommation moyenne, le débit moyen horaire et le débit de pointe horaire. Les différents résultats sont consignés dans le tableau 4 ci-dessous :

**Tableau 4 : Besoins, demande en eau et débit de pointe horaire du Lotissement**

Population	Conso (l/j/hbt)	Bjm (m <sup>3</sup> /j]	Cpj	Bjp (m <sup>3</sup> /j)	Rendement global	Djp (m <sup>3</sup> /j)	Qmh (m <sup>3</sup> /h)	Cph	Qph (m <sup>3</sup> /h)	Qph (l/s)
1775	150	266,25	1,1	292,875	0,855	342,54	13,56	2,18	29,54	8,21

Nous obtenons ainsi comme débit de pointe horaire 29,54 m<sup>3</sup>/h environ 30 m<sup>3</sup>/h. Le dimensionnement du réseau se fera à partir de ce débit de pointe. Précisons que cette consommation ne tient en compte que les besoins domestiques vu qu'il n'y a pas d'autres activités supplémentaires au niveau de ce lotissement.

### **2.1.2. Dimensionnement du réseau**

Notre réseau est de type ramifié, nous avons procédé au dimensionnement des conduites tout en respectant les conditions de vitesse et de pression. Nous avons opté pour un réseau ramifié en fonction de son coût pas très élevé. Les différentes conduites du réseau se ramifient toutes partant de la conduite principale.

Après modélisation nous obtenons les résultats suivants :

- **Les diamètres de conduite**

Le réseau sera composé de conduites de différents diamètres (DE 160/110/90 et 63) de pression nominale PN 10 la conduite principale sur laquelle les autres seront ramifiées aura un diamètre de 160 mm afin de pouvoir faire écouler le débit de pointe de 30 [m<sup>3</sup>/h].

- **La vitesse**

Les vitesses obtenues sont comprises entre 0,5 et 0,9 m/s permettant ainsi un écoulement favorable dans la conduite en limitant les dépôts et tout risque éventuel de casse assurant la pérennité des installations.

- **Les pressions**

Les valeurs des pressions au point de raccordement sont renseignées sur le graphe ci-dessous

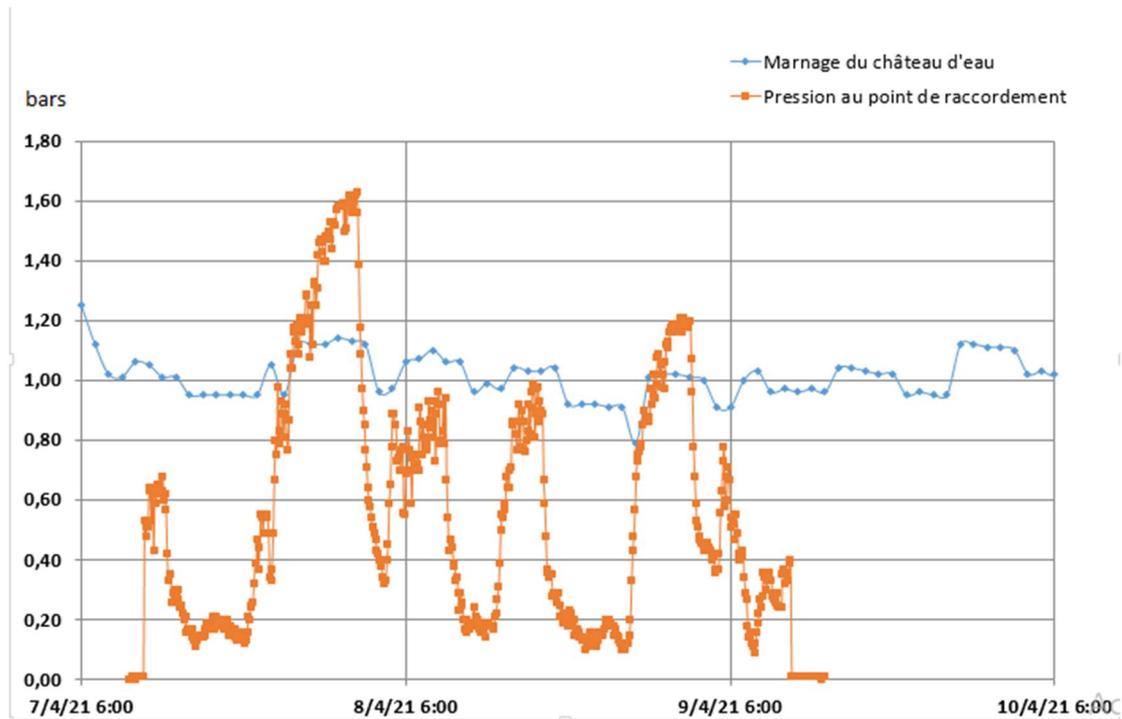


Figure 11 : Courbe de pression au point de raccordement

Comme vu à partir de la courbe de pression au point de raccordement, la pression maximale est de 1,6 et est atteinte très tard la nuit pendant les périodes de baisse de consommation vers les 2h du matin. La minimale quant à elle est de 0,2 bar et est observée pendant les heures de forte consommation (15h, 18h, 21h).

Après modélisation du réseau sur Excel et Epanet nous obtenons les résultats (en annexe, 2, 3, 11)

## **CONCLUSION PARTIELLE**

En procédant à l'alimentation du lotissement en nous raccordant sur le réseau existant, nous avons considéré les conduites de type PEHD à l'issue de notre dimensionnement avec des diamètres variant de DE 160/110/90/63 sur un linéaire de 4 479 m. Les pressions aux différents nœuds sont en dessous de la pression de service de 1,5 bar, du fait que la zone soit en stress hydrique donc ne bénéficie pas d'une alimentation en continue.

En procédant à une simulation à l'aide du logiciel Epanet nous observons une évolution des pressions aux différents nœuds tout au long de la journée et celles-ci varient entre 0,4 bars et 1 bar pendant la période de faible consommation précisément à 24h et en période de forte consommation (19h) nous avons des pressions qui varient entre 0,3 et 0,9 bars. Les pressions de service ne seront retrouvées que lorsqu'il y'aura un apport supplémentaire en production et une charge minimale de 2m Au niveau du château.

## **2.2. Alimentation à partir des forages**

### **2.2.1. Implantation de forages**

Pour procéder à l'implantation du forage, il y a lieu de pouvoir déterminer les formations aquifères dans notre zone d'étude. Ainsi des études hydrogéophysiques avaient été menées dans la zone nord de Libreville. Celles-ci ont été confiées par la SEEG à l'entreprise SEURECA dans le cadre de l'implantation de nouveaux forages pour l'amélioration de l'approvisionnement en eau des quartiers qui connaissent un stress hydrique important.

- **La profondeur des formations aquifères**

Libreville est située sur un bassin sédimentaire très profond avec environ plus de 8 000 mètres de roches sédimentaires. On retrouve des formations telles que les grès de Ndombo à plus de 4000 m et les calcaires de Madiela à plus de 1500 m, leurs exploitations engendreraient des coûts très élevés ; de plus à de telles profondeurs les eaux souterraines sont le plus souvent trop salées pour être utilisées en AEP. Pour une meilleure rentabilité des ouvrages il serait préférable d'exploiter des formations moins profondes telles que les formations d'Azilé et d'Anguilé certes moins productives que les grès et calcaires mais peuvent être atteints avec des forages de moins de 200m de profondeur.

- **Débit attendu par forage**

Les formations sédimentaires situées à moins de 200 m de profondeur à Libreville sont aquifères et susceptibles de produire des débits de 5 à 50 m<sup>3</sup>/h (120 à 1 200 m<sup>3</sup>/j). La productivité de ces formations sédimentaires a déjà été testée par quelques forages, dont les anciens forages qui étaient exploitées par la SEEG.

**Tableau 5: Forages recensés aux alentours de la zone d'étude**

Code	Profondeur	Longueur crépines	Cote crépines	Diam int chambre pompe	Diam intérieur crépines	Niveau stat (m)	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Niveau dynamique (m)	Débit spécifique (m <sup>3</sup> /h/m)	Formation	Venues d'eau (m)	Date
Angondjé	46	18				3,1	30	28,8				1978
Angondjé infra T	150	48	60/84 et 114/138	125	125	7,2	12	28,8	0,42	Calcaire sibang		2009
Bâche SEEG												2008
Château d'eau	175											2008
CAN F1	145	23	66/82 et 105/112							Calcaire sibang		2010
CAN F2	142	36	69/96 et 109/118							Calcaire sibang		2010
CAN F3										Calcaire sibang		2010
CAN F4	111	non équipé								Calcaire sibang	94-110	2011
CAN F4bis	> 93					7	150				93	2011
CAN F5										Calcaire sibang		2011

En tenant compte des besoins du jour de pointe estimés à 292,87 m<sup>3</sup>/j et du rendement de distribution, nous avons pu déterminer le nombre de forages à implanter. Près de la zone d'étude, un forage de 30 [m<sup>3</sup>/h] a été réalisé. Nous avons considéré comme débit potentiel des forages dans la zone. De plus, nous allons limiter la durée de pompage à 12 h au maximum afin de préserver notre ressource. Sur la base de ces hypothèses, nous avons estimé le nombre de forages nécessaires. Les résultats sont illustrés dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Caractéristiques forages**

Demande du jour de pointe (m <sup>3</sup> /j)	Débit d'exploitation forage (m <sup>3</sup> /h)	Temps maximal de pompage (h)	Nombre de forage de 30 m <sup>3</sup> /h nécessaire
325,42	30	12	1

### 2.2.2. Qualité des eaux souterraines

- **Conductivité et salinité**

L'eau des anciens forages de la SEEG réalisés dans la zone nord de Libreville a une faible conductivité et contient peu de sel. Cependant comme Libreville est située sur une péninsule, entre l'Atlantique et un estuaire d'eau saumâtre, le risque de trouver des eaux souterraines salées n'est pas à écarter. En conséquence, il sera demandé au foreur d'échantillonner toutes les arrivées d'eau successives dans le forage pour pouvoir mesurer leur conductivité.

- **Fer et Manganèse**

Les eaux des aquifères calcaires sont neutres ou basiques, des conditions défavorables pour la solubilité du fer ou du manganèse. Si les forages permettent d'atteindre une formation comme celle des calcaires de Sibang, elles contiendront donc peu de fer ou de manganèse.

Les eaux des aquifères gréseux, par contre, sont acides, des conditions favorables pour la solubilité du fer ou du manganèse. Si les forages atteignent un aquifère gréseux productif, il faudra donc vérifier les teneurs en fer et en manganèse.

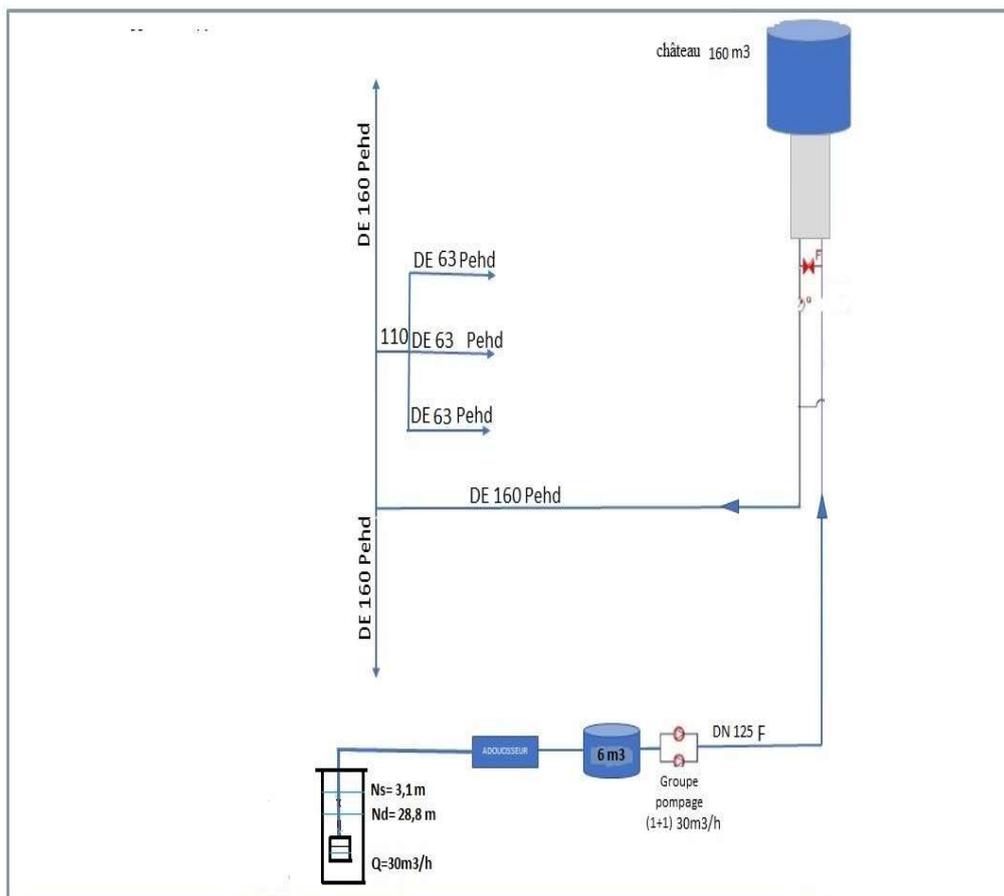
- **Qualité Bactériologique de l'eau**

Les aquifères constitués par des calcaires fissurés sont réputés pour leur vulnérabilité à la pollution. L'eau circule rapidement à travers les fissures élargies par la dissolution et le temps de transit souterrain est parfois insuffisant pour garantir l'élimination de la pollution bactérienne.

### 2.2.3. Prescriptions techniques pour les forages

Dans un souci de réduction de coûts de réalisation des ouvrages, il est indispensable de prévoir des ouvrages relativement simples à construire. Ainsi les prescriptions techniques proposées sont les suivantes :

- Avant-trou de 10 à 20 mètres- foré en 17"1/2, tubé en acier de 13"3/8 et cimenté sur toute sa hauteur.
- Forage en 12"1/4 de 150 m en moyenne (200 au maximum), tubé en PVC 180-204mm, diamètre suffisant pour pouvoir installer les pompes de gamme 6" (147 à 152mm de diamètre)
- Développement à air-lift, sans traitement chimique
- Pompage d'essai avec un programme composé de trois paliers enchainés d'une heure (pour établir la courbe caractéristique du forage) et un pompage de longue durée de 12 heures, suivi de l'observation de la remontée pendant 12 heures.



• **Les conduites de refoulement**

Le schéma de refoulement proposé tiendra compte des indications des travaux hydrogéologiques et de la topographie. Le forage refoulera l'eau jusqu'à la bache pour traitement. Les diamètres des conduites d'adduction ont été déterminés à partir des différentes formules, les résultats sont consignés dans le tableau 7 ci-dessous :

**Tableau 7: Détermination diamètres des Conduites de refoulement**

Désignation	Qp [m <sup>3</sup> /h]	Temps_pompag e [h]	Hg [m]	φth [mm]	φret [mm]	V [m/s]	Cond Flamant	Cond GLS
Méthode de Bresse	30.0	12	30.3	136.9	125	0.68	Vérifiée	Vérifiée
Méthode de Bresse modifié				162.2	125	0.68	Vérifiée	Vérifiée
Méthode de Munier				113.2	100	1.06	Non Vérifiée	Vérifiée
Méthode de Bonnin				91.3	100	1.06	Non Vérifiée	Vérifiée
Méthode de Bedjaoui				115.9	100	1.06	Non Vérifiée	Vérifiée

A partir de la formule de Bresse nous obtenons un diamètre qui permettra de respecter la condition de FLAMANT  $V \leq 0,6 + D$  (m), nous allons considérer le diamètre nominal de 125 mm avec une pression nominale de 16 bars. Cette pression sera appliquée après vérification de la résistance des conduites au phénomène de coup de bélier.

Les différents paramètres des conduites de refoulement sont consignés dans le tableau 8 ci-dessous. Il s'agit d'une conduite en fonte ductile DN125 PN16.

**Tableau 8 : Caractéristiques Conduites de refoulement**

Tronçons	Longueur (m)	Débit de pompage (m <sup>3</sup> /h)	DN (mm)
Conduite F1- Bâche	40,8	30	125
Conduite Bâche- Château	31	30	125

• **Les pompes de refoulement**

Pour faire le choix des pompes, nous nous sommes basés sur les valeurs de HMT déterminées. La hauteur Manométrique Totale est obtenue en sommant la hauteur géométrique et les pertes

de charge. Ainsi nous obtenons pour le forage et la bêche les valeurs suivantes (tableau 9 et 10) :

**Tableau 9 : Caractéristiques pompes de refoulement eau brute**

Pompe 1	Niveau dynamique	Hauteur géométrique	Pertes de charges	HMT
Forage	28,8	30,3	0,8	31,1

**Tableau 10 : Caractéristiques pompe de refoulement eau traitée**

Pompe 2	Cote plan d'eau bêche	Cote plan d'eau Château	Hauteur géométrique	Pertes de charges	HMT
Bêche	12,5	32	19,5	0,14	19,64

➤ **Choix pompe 1**

A partir des caractéristiques obtenues, nous avons exploré trois types de pompes SP. Il s'agit des pompes SP 30 – 4, SP 30 – 5 et SP 46 – 3C. C'est la SP 30 – 4 qui a un meilleur rendement. Les caractéristiques du point de fonctionnement sont mentionnées dans le tableau 11 et de la figure 13.

**Tableau 11 : Point de fonctionnement caractéristique de la pompe SP 4 – 30**

Qp [m <sup>3</sup> /h]	HMT [m]	N [tr/min]	Type moteur	Pn [kW]	Tension nominale	$\eta_P$	$\eta_M$	Pt [kW]	In	Id	Cos Phi
29	31	2900	MS4000	4	380	73.30%	79%	4.238	9.75	44.85	0.85

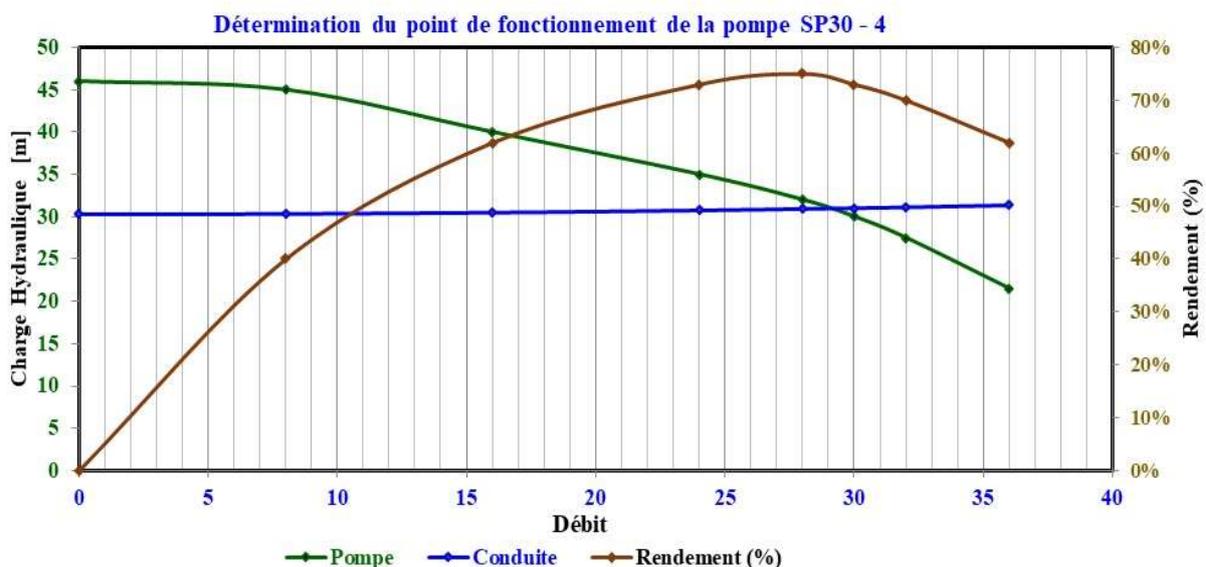


Figure 12 : Point de fonctionnement de la pompe SP 4 – 30

➤ **Choix pompe 2**

Détermination la famille de la pompe :

$$\text{Vitesse spécifique } N_s = \frac{N \times Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Avec le nombre de tours  $N = 2900$  nous obtenons comme vitesse  $N_s = 28,38$ , selon la convention si  $N_s > 20$  alors notre pompe sera de type centrifuge monocellulaire.

$$\text{Diamètre spécifique } D_s = 60,333 \times N_s^{-0,876} \quad D_s = 3,22$$

Ainsi nous pouvons déterminer le diamètre de roue de la pompe à partir de la relation

$$D = \frac{D_s \times Q^{1/2}}{H^{1/4}} \quad D = 139,6 \text{ mm}$$

A partir des caractéristiques obtenues, notre choix a été porté sur la pompe de marque Grundfos NK 32-125 les caractéristiques du point de fonctionnement sont mentionnées dans le tableau et la figure 14

**Tableau 12: Point de fonctionnement caractéristique de la pompe NK 32-125**

Qp [m³/h]	HMT [m]	N [tr/min]	Type moteur	Pn [kW]	Tension nominale	ηP	ηM	Pt [kW]	In	Id	Cos Phi
35,74	19,78	2900	100LC	3	220	66,40%	87%	3,327	11	92,4	0,87

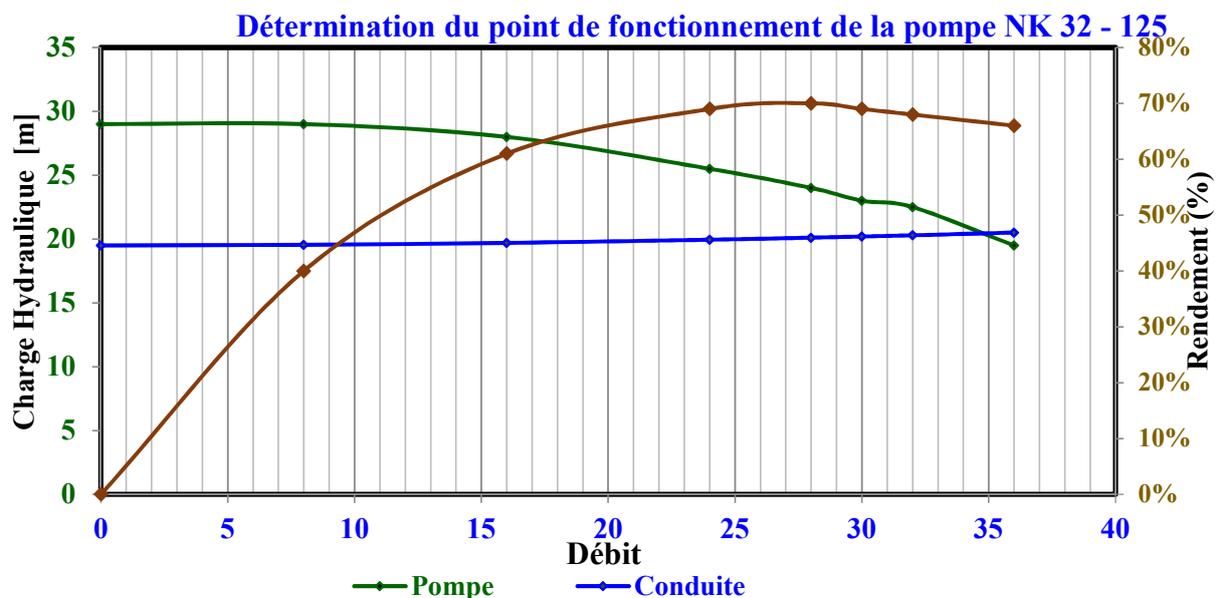


Figure 13: Point de fonctionnement de la pompe NK 32-125

- **Vérification de la résistance des conduites au coup de bélier**

Nous allons à partir du calcul de la surpression/dépression déterminer s'il y'a lieu de protéger notre ouvrage contre d'éventuels coups de bélier.

**Tableau 13: Vérification coup de Bélier**

Désignation	D [mm]	ep [mm]	c [m/s]	DP [m]	Hmax	Hmin	Hmax / PN
Conduite Forage - Bâche	125	4.7	1234.24	85.44	87.67	-83.20	0.55
Conduite Bâche - château	125	4.7	1234.24	85.44	105.08	-65.80	0.66

Au vu des résultats obtenus, nous avons le rapport  $\frac{H_{max} (m)}{10,19 \cdot PN (bars)}$  qui n'excède pas les 1,2 donc il n'y a pas risque d'avoir un coup de Bélier par surpression. Nous déduisons ainsi qu'un dispositif anti-bélier n'est pas nécessaire, toutefois en considérant les valeurs de Hmin il sera fortement recommandé d'installer des ventouses double fonction au niveau des conduites de refoulement pour éviter le phénomène de dépression.

#### 2.2.4. Traitement de l'eau

L'eau provenant du forage ne nécessitant pas de traitement complexe, nous avons opté uniquement pour un passage au niveau d'un adoucisseur et d'une chloration avant refoulement au niveau du château d'eau.

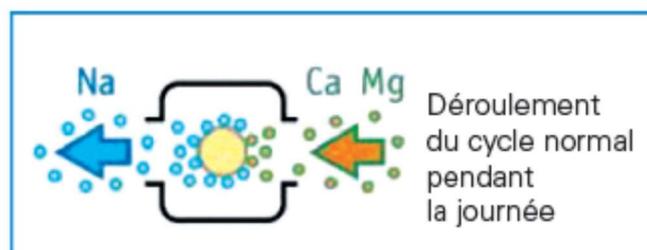
- **Fonctionnement d'un adoucisseur**

Les eaux de forages réalisés dans la zone sont captées pour la plupart dans des formations de calcaire, toutefois l'installation d'un adoucisseur dépendra de la quantité de calcaire dans l'eau. Ainsi le paramètre de dureté devrait être mis en évidence afin de savoir si il y'a lieu d'installer ou non ce dispositif.

Les adoucisseurs d'eau sont des appareils agissant sur la composition physico-chimique de l'eau, en réduisant le calcium et le magnésium responsables de l'entartrage. L'eau à adoucir circule à travers des résines échangeuses d'ions (résines cationiques fortes) qui vont échanger le calcium et/ou le magnésium par du sodium. À la sortie de l'appareil, l'eau n'est plus entartrante, elle est devenue "douce". Leur but est d'assurer une protection maximale contre l'entartrage des canalisations et des appareils. Au fur et à mesure du passage de l'eau, les résines

se saturent en calcium et magnésium. Une régénération est alors nécessaire de façon à recharger ces résines en ions sodium à partir d'une solution de chlorure de sodium ou saumure que l'adoucisseur puise dans le bac à sel. Cette régénération est déclenchée automatiquement selon deux modes :

- Mode volumétrique : par le contrôle des volumes consommés
- Mode chronométrique : par le contrôle du temps écoulé.



- **Dimensionnement de la bâche eau traitée**

Nous avons fait le choix de 3 log d'inactivation comme efficacité de désinfection afin d'éliminer les virus, en considérant une eau à une température de 15 °C et un PH entre 6 et 7, nous obtenons par lecture sur le tableau de valeurs de Concentration de désinfectant CT une valeur de 3 mg.min/L

**Tableau 14: Valeurs des CT en mg.min/L pour l'inactivation des virus**

Température	2 log d'inactivation		3 log d'inactivation		3 log d'inactivation	
	PH 6-9	PH 10	PH 6-9	PH 10	PH 6-9	PH 10
0,5 °C	6	45	9	66	12	90
5°C	4	30	6	44	8	60
10°C	3	22	4	33	6	45
15°C	2	15	3	22	4	30
20°C	1	11	2	16	3	22
25°C	1	7	1	11	2	15

Nous allons considérer une bâche classique avec comme Ratio  $T_{10}/\tau = 0,5$ , ainsi le  $T_{10}$  se calcule à partir de la relation  $T_{10} = \frac{CT}{Cl_{res}}$  avec une concentration de Chlore résiduel de 0,5 mg.min/L

Le volume de la bâche est obtenu à partir de la relation  $V_b = \tau \times Q$

Les différents sont consignés dans le tableau ci-dessous

**Tableau 15: Caractéristiques de la bache de désinfection**

Paramètres	Unités	Valeurs
Efficacité de traitement	Log de virus	3
CT	mg. min/L	3
T10/Tau		0,5
T10	min	6
Tau	min	12
Volume bache	m <sup>3</sup>	6
Hauteur bache	m	1,5
Surface	m <sup>2</sup>	4
Longueur bache	m	2
Largeur bache	m	2

### ❖ Pompes doseuses de Chlore

Pour déterminer le débit des pompes doseuses de Chlore, nous devons considérer 3 paramètres qui sont :

- La demande en Chlore
- L'effet rémanent
- La solution d'hypochlorite de calcium à préparer

S'agissant de la demande en Chlore, il est important de rappeler qu'il existe dans les eaux des composés minéraux réducteurs et des matières organiques qui consomment une forte quantité de chlore. Ainsi pour assurer une certaine quantité de Chlore libre et ainsi assurer la protection de l'eau nous allons considérer une demande en chlore de 3 g/m<sup>3</sup>.

L'effet rémanent est la quantité de Chlore résiduel libre il permet de garantir une protection de l'eau d'une nouvelle contamination lors des stockages. Nous avons considéré une quantité de Chlore résiduel de 0,5 mg/l.

La solution d'hypochlorite de calcium utilisée aura une concentration de 100g/l permettant ainsi de réduire la quantité de la solution à envoyer dans l'eau.

Le débit de la pompe doseuse se déterminera à partir de la relation :

$$Qpd = \frac{(3 + 0,5) \times Qpj}{100}$$

Nous obtenons ainsi un débit  $Qpd = 1,05$  l/h

- **Capacité du réservoir de distribution**

Nous allons déterminer la capacité du réservoir par la méthode analytique. Elle est basée sur le régime de consommation de la population et du temps de pompage. Le volume utile du réservoir est déterminé à partir de la relation suivante :

$$Vu = |déficit\ max| + |surplus\ max|$$

Les différents résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous :

Heures	(0-5)	(5-6)	(6-8)	(8-10)	(10-12)	(12-14)	(14-16)	(16-18)	(18-20)	(20-22)	(22-24)
Consommations (%)	5	5	25	10	20	6	2	5	15	5	2

**Tableau 16: Capacité du Réservoir de stockage**

Heures	(0-5)	(5-6)	(6-8)	(8-10)	(10-12)	(12-14)	(14-16)	(16-17)	(17-19)	(19-20)	(20-21)	(21-22)	(22-23)	(23-24)
Qa adduction	0	0	30	30	30	30	0	30	30	30	0	0	0	0
Volume adduction par tranche	0	0	60	60	60	60	0	30	60	30	0	0	0	0
V adduction cumulé	0	0	60	120	180	240	240	270	330	330	330	330	330	330
V consommé	16,270	16,270	81,35	32,54	65,08	19,52	6,50	16,27	48,8	48,81	16,27	16,27	6,51	6,51
V consommé cumulé	16,27	32,54	113,89	146,43	211,52	231,04	237,55	253,83	302,	351,45	367,72	383,99	390,5	397,008
Contenance du reservoir	-16,27	-32,54	-53,89	-26,445	-31,521	8,95	2,44	16,17	27,36	8,55	-7,72	-23,99	-30,5	-37,0

$$\text{Volume utile du réservoir} = |-53,89| + |27,3625| = 81,26 \text{ m}^3 = 100 \text{ m}^3$$

En considérant une réserve incendie de  $60 \text{ m}^3$

Le Volume total de notre réservoir sera de :  $\text{Volume total} = 160 \text{ m}^3$

Afin de pallier aux éventuels incendies, un poteau incendie d'une hauteur de 1m sera positionné au bord du trottoir sur le tronçon (5-9) avec un diamètre d'écoulement de 100mm.

Le radier de notre réservoir sera positionné à 20m au-dessus du sol, afin d'obtenir la charge suffisante.

## CONCLUSION PARTIELLE

Le choix porté sur la solution d'un système autonome revêt du fait de pouvoir concevoir un réseau pouvant desservir les habitants en eau de façon continue et avec des pressions de service convenables. L'implantation d'un forage se fera sur le site du lotissement ; afin de couvrir les besoins de la population 1 forage avec un débit de 30m<sup>3</sup>/h seront nécessaires. La pompe de refoulement sera de type Grundfos SP 30-4 avec une conduite de refoulement en fonte ductile de diamètre DN 125 qui acheminera de l'eau au jusqu'à la bache de désinfection où l'eau sera traitée ensuite refoulée au niveau du château d'eau à l'aide d'une pompe de type Grundfos NK 32-125.

Selon les études hydrogéophysiques réalisées dans la zone, le captage des eaux se fera au niveau des calcaires de Sibang qui sont vulnérables à la pollution bactérienne. Il est absolument indispensable de les chlorer avant mise en distribution.

La capacité du réservoir de distribution a été évaluée en fonction des horaires de consommations qui varient tout au long de la journée et du temps de pompage, nous avons ainsi considéré un réservoir d'une capacité de 160m<sup>3</sup>. Les pressions de service obtenues après modélisation varient entre 1,6 et 2,7 bars en période de faible consommation (24h) et en période de forte consommation (19h) elles varient entre 1,3 et 2 bars ce qui favoriserait une bonne alimentation en eau du lotissement tout au long de la journée.

## VII. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE

### 1) Etude des coûts de la solution 1

#### INTRODUCTION

Après avoir procédé au dimensionnement du réseau, nous allons évaluer le coût des travaux. Les travaux se dérouleront en quatre phases :

- Travaux préliminaires
- Travaux de génie civil
- Travaux de canalisation
- Travaux de fin de chantier

Après détermination des coûts des différents travaux il en ressort les résultats suivants :

**Tableau 17: Devis Solution 1**

Travaux préliminaires	Travaux de génie civil	Travaux de canalisation	Travaux de fin de chantier
3 560 000	79 743 600	78 309 300	1 750 000
		Total	239 114 277

Les différents coûts ont été évalués en francs CFA

### 2) Etude des coûts de la solution 2

La réalisation de la solution 2 prendra en compte tous les différents travaux opérés lors de la solution 1, en y ajoutant tous les travaux relatifs à l'implantation des forages et la réalisation du château d'eau.

Les différentes phases de réalisation de ces travaux sont les suivants :

- Travaux préliminaires
- Travaux de génie civil
- Travaux de canalisation
- Etudes prospectives
- Préparation, accès et plateforme/Installation
- Foration et Echantillonnage
- Equipement des forages
- Développement et essais par pompage
- Fourniture des équipements hydrauliques
- Travaux de réalisation du château d'eau
- Divers
- Travaux de fin de chantier
- Dossier de recollement

Après avoir évalué les couts des différents travaux il en ressort les résultats suivants :

**Tableau 18 : Devis Solution 2**

<b>SOLUTION 2</b>	
<b>Désignation de la prestation</b>	<b>Montant</b>
Travaux préliminaires	3 560 000
Travaux de génie civil	79 743 600
Travaux de canalisation	78 309 300
Etudes Prospectives	8 000 000
Préparation, Accès et plateforme/installation	30 000 000
Foration et Échantillonnage	44 380 000
Equipement du forage	42 200 000
Alimentation électrique	5 614 000
Château d'eau Métallique	100 000 000
Divers	400 000
Dossier de recollement	1 000 000
Travaux de fin de chantier	1 750 000
<b>Total</b>	<b>511 923 197</b>

## VIII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

### INTRODUCTION

La réalisation du projet d'alimentation du lotissement Serpentin doit faire l'objet d'un plan de gestion environnementale et social avec analyse environnementale. Le principal objectif visé est de s'assurer que la réalisation des travaux de renforcement et de réhabilitation n'entraînera pas d'effets non contrôlés dans sa zone d'impact.

- Réfléchir sur les principales problématiques soulevées par le projet
- Circonscrire les activités à mener.
- Définir la zone d'impact dudit projet
- Décrire les composantes de l'environnement susceptibles d'être affectées par les activités à mener.
- Prédire et identifier les impacts potentiels
- Analyser et évaluer la grandeur, l'importance et la signification des impacts clés
- Développer des stratégies pour réduire les impacts négatifs

#### 1. Description des travaux

Afin de pouvoir couvrir les besoins du lotissement, les actions suivantes seront mises en œuvre :

- La mise en place d'un réseau de distribution nécessitant ainsi la pose des conduites DE 160/110/90/63 et réalisation des regards.
- L'implantation d'un forage sur le site du lotissement de débit 30m<sup>3</sup>/h
- La construction d'ouvrage de stockage d'une capacité de 160 m<sup>3</sup>

##### 1.1. Besoins en main d'œuvre

Les travaux seront réalisés par une entreprise sous-traitante qui se chargera d'évaluer le nombre de personnes à qui seront attribuées différentes tâches. De manière générale ce type de travaux nécessite environ une cinquantaine de personnes.

#### 2. Description de l'environnement du projet

##### 2.1. Milieux biologiques

Il n'y a pas de milieu biologique ayant une importance significative dans les alentours des tracés des réseaux. En effet, d'une façon générale, les tracés suivent les routes existantes. Toutefois l'une des conduites de notre réseau franchira un canal d'évacuation des eaux de pluies.

##### 2.2. Milieux physiques

###### 2.2.1. Relief, paysage et sols

Dans toute la zone d'étude, le relief est très peu accidenté. Il est relativement plat. Cette topographie plane facilite les constructions, et favoriserait une meilleure desserte en eau. Les

voies quant à elles sont des routes non revêtues, toutes les voies du lotissement sont des routes en terre. De plus le site s'avère marécageux à certains endroits.

### **2.3. Milieu humain**

A titre de rappel, la population totale du lotissement s'élèvera à 1775 habitants, actuellement environ 400 personnes y vivent. Le site avait été attribué aux enseignants chercheurs, ils occupent ainsi les différentes habitations avec leurs familles.

#### **2.3.1. Santé publique**

Le site étant situé en pleine zone urbaine, l'accès aux structures de santé reste plus aisé. De plus il existe un hôpital militaire à quelques mètres du lotissement, ce qui faciliterait l'évacuation des ouvriers en cas d'accident sur le chantier.

### **2.4. Enjeux environnementaux et sociaux**

- **Emprise des tracés**

La majorité des tracés des conduites sont situés sur les voies de circulation, ce qui perturberait le trafic routier et ainsi l'accès aux domiciles des habitants.

- **Travaux en période de pluie**

Il a été mentionné au préalable que le lotissement était situé en zone marécageuse et dont le niveau d'eau augmente pendant les périodes de pluies.

Le calendrier des fouilles et des travaux en général devra en tenir compte.

- **Volet main d'œuvre**

Un calendrier de réalisation des travaux sera élaboré si celui-ci est respecté et que les travaux se déroulent de façon normale, une cinquantaine de personne est prévue

## **3. Identification et évaluation des impacts**

### **3.1. Matrice d'identification des impacts potentiels**

Pour pouvoir procéder à l'identification des impacts il est nécessaire de pouvoir mettre en relation les éléments du projet, tant en phase de construction qu'en phase d'exploitation. La matrice comporte tous les impacts potentiels identifiés par activité et en fonction de chaque

composante de l'environnement. Les différents symboles permettant la caractérisation sont les suivants :

- Le signe (-) désigne que l'impact est négatif
- Le signe (+) désigne que l'impact est positif
- Le signe (0) désigne que l'impact est négligeable

**Tableau 19: Caractérisation des impacts**

PHASE	SOURCE D'IMPACT	Milieu Physique				Milieu Humain			
		sol	Air	Eau souterraine	Paysage	population	Santé Sécurité	Main d'œuvre	Circulation
Pré-construction	Installation de divers chantiers	0	(-)	0	(-)	(+)	0	(+)	0
	Transport de matériaux	0	(-)	0	0	0	0	0	(-)
Construction	Exécution excavation et remblai	(-)	0	0	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
	Travaux de foration	(-)	0	(+)	0	0	0	(+)	0
	Construction du réservoir	0	0	0	0	(+)	(+)	(+)	0
	Pose de conduites enterrées	(-)	0	0	0	(+)	(+)	(+)	(-)
	Implantation du forage	0	0	(-)	0	(+)	(+)	(+)	0

### 3.2. Description des impacts potentiels

#### 3.2.1. Impacts sur le milieu physique

- **Impact sur la qualité et la disponibilité des eaux souterraines**

L'exploitation de l'eau souterraine pour la réalisation des travaux pourrait entraîner un rabattement précoce de la nappe. De plus on il pourrait surgir un phénomène de pollution de l'eau souterraine par l'infiltration des déchets solides et liquides (huile de vidange, carburants, graisse matérielle).

- **Impact sur la qualité du sol**

Une restructuration du sol est engendrée par les activités de terrassement notamment la fissuration dû au déblayage du sol le rendant très perméable et le compactage qui l'imperméabilise. Le sol est susceptible d'être contaminé par des déchets liquides et solides du chantier.

- **Impact sur la qualité de l'air**

Pendant les travaux de foration et d'excavation pour la pose des conduites, les engins utilisés sont susceptibles de générer de la poussière et des fumées (CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) affectant ainsi localement la qualité de l'air.

### **3.2.2. Impact sur le milieu humain**

- **Sécurité et Santé**

Pendant les travaux, les ouvriers et les populations pourraient être victimes de blessures et accidents de circulation. Les nuages de poussière et les fumées générés par les chantiers pourraient aussi porter atteinte à la santé des ouvriers et riverains en causant des maladies respiratoires.

- **L'emploi**

Pendant les travaux de construction des ouvrages, un certain nombre d'emploi est créé. En dépit du fait qu'ils soient temporaires, ces emplois demeurent important au plan économique et social. En effet, les sommes qui seront directement versées aux employés et aux manœuvres des entreprises seront par voie de conséquence reversées dans l'économie sous forme de consommation, d'impôts et d'épargne.

## **4. Evaluation des impacts**

L'évaluation de l'importance des impacts se fera à partir d'une méthode qui évalue l'importance d'un impact en combinant trois indicateurs de caractérisation que sont l'intensité de l'impact, la portée ou influence spatiale et la durée des impacts. La méthode correspondante est celle de FECTEAU.

- **L'intensité de l'impact**

Cet indicateur permet l'évaluation de l'activité en termes d'ampleur de l'impact qu'elle a sur l'écosystème et les conditions socio-économiques de base. Il existe 3 catégories de notation : « Faible » pour les effets mineurs, « Moyenne » pour les effets modérés et « Fort » pour les activités qui altèrent fortement l'écosystème.

- **Portée ou influence spatiale**

L'évaluation de la portée de l'impact se fait en considérant 3 catégories ; « Ponctuelle » pour les impacts au niveau du site du projet, « Locale » pour les impacts ressentis à moins de 10 km du site et « Régional » pour les impacts ressentis à plus de 10 km du site.

- **Durée des impacts**

Les impacts seront classés selon 3 catégories, « Court terme » pour les impacts ayant une durée inférieure à un an, « Moyen terme » pour les impacts ayant une durée inférieure à 10 ans, « Long terme » pour les impacts ayant une durée supérieure à 10 ans.

Chaque impact pourra être classé selon 3 catégories d'importance en prenant en compte les critères énumérés ci-dessus, « Majeur » pour les impacts causant des dommages irréparables ou très positifs sur l'environnement, « Modéré » pour les impacts causant des dommages réparables ou une dégradation partielle du milieu récepteur ou des effets relativement positifs sur l'environnement, « Mineur » pour les impacts causant des dommages minimes. La référence pour l'évaluation de l'importance de l'impact est le tableau 20 :

Tableau 20: Evaluation des impacts

Importance	Critère			
	Intensité	Portée	Durée	
<b>Majeure</b>	Forte	Régionale	Long terme	
	Forte	Régionale	Moyen terme	
	Moyenne	Régionale	Long terme	
	Forte	Locale	Long terme	
<b>Modéré</b>	Forte	Régionale	Courte terme	
	Moyenne	Régionale	Moyen terme	
	Moyenne	Régionale	Courte terme	
	Faible	Régionale	Long terme	
	Faible	Régionale	Moyen terme	
	Forte	Locale	Moyen terme	
	Forte	Locale	Courte terme	
	Moyenne	Locale	Long terme	
	Moyenne	Locale	Moyen terme	
	Faible	Locale	Long terme	
	Forte	Ponctuelle	Long terme	
	Forte	Ponctuelle	Moyen terme	
	Moyenne	Ponctuelle	Long terme	
	<b>Mineure</b>	Faible	Régionale	Courte terme
		Moyenne	Locale	Courte terme
		Faible	Locale	Moyen terme
Faible		Locale	Courte terme	
Forte		Ponctuelle	Courte terme	
Moyenne		Ponctuelle	Courte terme	
Moyenne		Ponctuelle	Moyen terme	
Faible		Ponctuelle	Long terme	
Faible		Ponctuelle	Moyen terme	
Faible		Ponctuelle	Courte terme	

Tableau 21: Evaluation des impacts par phases

PHASE	Milieu	Composantes	Impacts	Nature	Intensité	Portée	Durée	Importance
Construction	Milieu physique	Sol	Pollution de sol par des déchets liquides et solides	Négative	Faible	Ponctuelle	Court terme	Mineure
		Air	Altération de la qualité de l'air	Négative	Faible	Ponctuelle	Court terme	Mineure
		Eau souterraine	Pollution de l'eau par des déchets liquides et solides	Négative	Faible	Ponctuelle	Court terme	Mineure
	Milieu humain	Population	Risque de nuisance sonore	Négative	Faible	Ponctuelle	Court terme	Mineure
		Santé-sécurité	Risque d'accidents de travail	Négative	Faible	Ponctuelle	Court terme	Mineure
			Risque de recrudescence du Covid19	Négative	Moyenne	Régionale	Court terme	Modéré
		Main d'œuvre	Création d'emplois temporaires	Positive	Moyenne	Régionale	Moyen terme	Modéré
		Circulation	Risque d'accidents de circulation	Négative	Faible	Ponctuelle	Court terme	Mineure
	Exploitation			Amélioration de la desserte en eau potable	Positive	Fort	Ponctuelle	Long terme
		Intensification des activités économiques	Positive	Moyenne	Ponctuelle	Court terme	Mineure	

## **5. Plan de gestion environnementale et sociale**

L'objectif du plan de gestion environnementale et sociale permet de pouvoir :

- Proposer un plan de mise en œuvre des mesures d'atténuations et de compensations
- Proposer un plan de suivi-surveillance et de bonification
- Prévoir un budget pour la bonne gestion des actions mises en place
- Prévoir des mesures de bonification d'impact positif

Concernant le présent projet nous nous focaliserons sur deux aspects : Le plan de mise en œuvre des mesures d'atténuations et de compensations et les mesures de bonification d'impact positif.

### **5.1. Mesures d'atténuations et compensations**

L'objectif ici est de réduire voire éliminer les impacts négatifs associés pendant les différentes phases de réalisation en favorisant les impacts positifs. Ces actions sont identifiées tant au niveau Physique qu'au niveau humain et constituent ainsi les clauses techniques environnementales devant être intégrées dans les cahiers de charges des entreprises.

Tableau 22: Mesures correctives

	Milieu	Impacts	Importance	Mesures correctives
Physique	Sol	Pollution de sol par des déchets liquides et solides	Mineure	Prendre les précautions nécessaires pour procéder au nettoyage régulier du site
	Air	Altération de la qualité de l'air	Mineure	Arrosage des sites et entretien périodique des engins. Port du masque de protection pour les travailleurs
	Eau souterraine	Pollution de l'eau par des déchets liquides et solides	Mineure	Collecte et élimination des déchets liquides et solides sur le chantier
Humain	Population	Nuisance sonore lors des travaux	Mineure	Procéder aux travaux pendant les heures ouvrables (matinée)
	Santé-sécurité	Risque d'accidents de travail	Mineure	(1)Assurer le respect et le contrôle rigoureux des conditions d'hygiène sur le chantier (2)Assurer la gestion efficace des déchets solides et liquides (3)Assurer une meilleure gestion des déchets des ouvriers, des huiles de vidange et autres produits chimiques dangereux (4)Sensibiliser d'avantage les habitants et les travailleurs sur le respect des mesures barrières
		Risque de recrudescence du Covid19	Modéré	
	Circulation	Risques d'accidents de circulation	Mineure	(1)Disposer des panneaux de circulation (2) Prévoir des agents routiers pour réguler la circulation

## 5.2. Suivi environnemental

Ce suivi permettra d'augmenter les connaissances, d'améliorer les outils d'analyse dans le but de mieux protéger l'environnement. Il vise trois objectifs : mesurer des impacts prévus et évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation retenues. Le suivi sur le terrain est fait par le responsable ayant une sensibilité environnementale et sociale. Un rapport sera établi après le suivi, ainsi l'entreprise sera soumise à des sanctions en cas de non-respect des mesures établies.

## 5.3. Surveillance environnementale

Le programme de surveillance environnementale décrit les moyens et mécanismes proposés par l'initiateur de projet pour assurer le respect des exigences légales et environnementales. Dans cette phase, il faudra vérifier que :

- Toutes les exigences et conditions en matière de protection de l'environnement soient efficacement respectées avant, pendant et après les travaux
- Les mesures de protection de l'environnement prescrites ou prévues soient mises en place et permettent d'atteindre les objectifs fixés.

**Tableau 23: Mesures de bonification d'impacts positifs**

Impacts positifs	Mesures de bonification
Création d'emplois temporaires au sein des entreprises	Recruter massivement des jeunes qui résident à proximité du chantier(Angondjé)
L'accès en continue à l'eau potable	Adopter un plan d'entretien régulier des ouvrages (captage et stockage)

## CONCLUSION PARTIELLE

Après réalisation de la notice d'impact et environnementale de ce projet il en ressort que la mise en exécution de celui-ci va entraîner des impacts positifs et négatifs en phase de travaux et en phase d'exécution. En ce qui concerne les impacts négatifs ils ont été bien identifiés et évalués, ainsi des mesures d'atténuation ont été proposées. Les impacts positifs non négligeables seront accompagnés de mesures de bonification. Il est recommandé pour la réussite du projet, le respect des normes environnementales et sociales en plus de l'implication réelle de toutes les parties.

## IX. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'alimentation en eau du lotissement les Serpentins situé dans la zone d'Angondjé a fait l'objet de notre étude. La complexité de cette étude revêtait du fait de l'absence d'un réseau de distribution. Deux solutions ont été ainsi proposées :

- Un raccordement sur le réseau d'eau existant
- La réalisation d'un système d'alimentation autonome

La première solution présente des avantages en termes de coûts de réalisation des travaux qui sont moins élevés toutefois elle ne nous permet pas d'atteindre notre objectif qui est l'alimentation en eau en continu du lotissement. En optant de se raccorder sur la conduite DN150 fonte existante, les mesures de pressions réalisées au préalable nous démontrent que la zone est soumise à un fort stress hydrique avec des pressions atteignant les 0,2 bars en journée et aux heures de fortes consommation (16h-19h). La zone d'Angondjé étant aussi sujette à des manœuvres périodiques de réseau en vue d'améliorer la desserte en eau dans d'autres secteurs, ceci dégraderait aussi les pressions observées à notre point de raccordement.

Fort de ceci, la solution d'un système autonome d'alimentation en eau du lotissement s'avère sur le plan technique être la solution à adopter. Les études hydro géophysiques réalisées à proximité de notre zone d'étude ont démontré la présence d'une source aquifère exploitable ce qui nous a permis de pouvoir proposer l'implantation d'un forage qui aura la capacité de débiter minimum 30 m<sup>3</sup>/h afin de pouvoir couvrir les besoins en eau du lotissement. Le château d'eau qui alimentera de façon gravitaire aura quant à lui une capacité de 160m<sup>3</sup> permettant une distribution en continue même lors de l'arrêt de la pompe de forage qui a un temps de fonctionnement de 12h par jour.

La mise en place d'un tel système engendrera des coûts supplémentaires mais permettra de pouvoir atteindre l'objectif d'alimentation en continue du site. Les simulations opérées nous le démontrent parfaitement en ce sens que les pressions les plus faibles selon de l'ordre de 1,3 bars avec une possibilité d'atteindre les 2,7 bars dans les points les plus bas.

Toutefois, la solution 1 pourrait être préconisée en cas de renforcement de la charge au niveau du château afin d'atteindre une hauteur minimale de 2 mètres comme observé sur les courbes représentant le marnage du château et l'évolution des pressions au point de raccordement.

Nous recommandons à la Direction Technique Eau de la SEEG de :

- Renforcer la production dans le cas de la mise en place de la solution 1
- Réaliser une étude hydrogéophysique sur le site du projet pour confirmer les études réalisées antérieurement
- Prévoir 2 ventouses double fonctions sur les 2 conduites de refoulement
- Faire une analyse des eaux du forage et prévoir un adoucisseur d'eau en cas de forte présence de calcaire.

## BIBLIOGRAPHIE

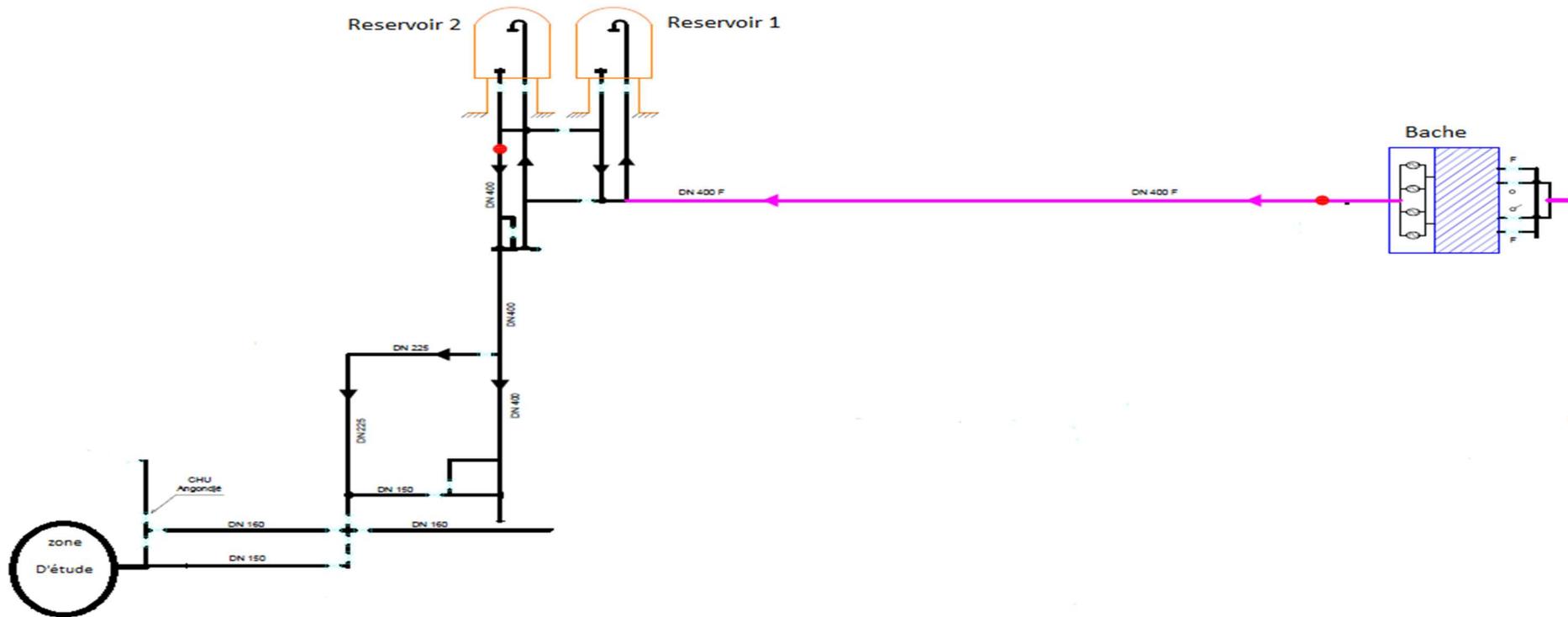
- BENGOBSANE, Helene, Jean NDONG NKOGO, Noel MOUSSAVOU, et Monique BARRERE. 2001. *GABON Enquête Démographique et de Santé du Gabon 2000*.
- BINGA, Hubert. n.d. "GESTION DE L'EAU AU GABON." [www.sifec.org](http://www.sifec.org), 9p
- COLLIGNON, Bernard, et Claude ONDO. 2011. *Renforcement de l'AEP de Libreville des quartiers nord et sud de Libreville à partir des eaux souterraines SEEG*.
- Dr Lawani A. MOUNIROU. « *Essentiel de Pompes et Stations de Pompage* ».
- FAYE. s. d. « *Systèmes d'adduction en eau potable Adduction -Réservoirs -Réseaux de Distribution* ».
- GIRAUDE ADEOSSI. s. d. « *L'Etude d'impact environnemental et social* ».
- LALANNE, Franck. 2014. « *Cours filtration* ».
- MENIE OVONO, Zéphirin, et Claude POTTIER. 2019. « *Le risque inondation dans les petits bassins versants côtiers urbains de Libreville (Gabon) : exemple d'Ogombié et d'Indongui* ». Décembre, 39p-51p.

## **LISTE DES ANNEXES**

- Annexe 1 : Synoptique distribution château d'eau à la zone d'étude
- Annexe 2 : Modélisation réseau solution 1
- Annexe 3 : Modélisation réseau solution 2
- Annexe 4 : Catalogue choix de conduites Pehd PN10
- Annexe 5 : Courbes de performances de la pompe SP 30-4
- Annexe 6 : Coupe de la pompe SP 30-4
- Annexe 7 : Courbes de performances de la pompe NK 32-125
- Annexe 8 : Coupe de la pompe NK 32-125
- Annexe 9 : Coupe de forage type dans les calcaires de Sibang
- Annexe 10 : Carnet de nœuds
- Annexe 11 : Simulation Epanet solution 2
- Annexe 12 : Devis solution 1
- Annexe 13 : Devis Solution 2
- Annexe 14 : Plan du Réseau

## ANNEXES

Annexe 1 : Synoptique distribution château d'eau à la zone d'étude



## Annexe 2 : Modélisation réseau solution 1

Vth	1		Viscosité	1,00E-06		K(mm)	0,015		g	9,81								
Tronçons	Longueur [m]	Soutirage à l'aval [l/s]	Débit tronçon	Débit tronçon en m3/s	Dth(m)	Dth(m)	Dcom(m)	Dcom(m)	V(m/s)	Re	Lamda	pdc(m)	pdc cum (m)	Altitudes au nœuds [m]		H(m)	Pressions (m)	
(1-2)	15		8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,029369	0,029369	1	12	17,4	
(2-13)	1290	2,05	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	2,525771	2,555141	2	12	17,3706	5,3565742
(2-3)	203	0,39	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,397466	0,426836	13	7	14,8449	7,8308027
(3-4)	218	0,29	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,426836	0,853672	3	12	16,9732	4,9591079
(3-5)	82,2	0,08	7,15	0,00715	0,09541	95,4131	96,8	0,0968	0,97155	0,000155	9,40E+04	1,90E-02	0,775892	1,202727	4	12	16,5463	4,4982188
(5-6)	110	0,14	1,71	0,00171	0,04666	46,6609	55,4	0,0554	0,70939	0,000271	3,93E+04	2,29E-02	1,165442	2,368169	5	11	16,1973	5,1716233
(5-7)	108	0,14	3,26	0,00326	0,06443	64,4264	79,2	0,0792	0,66172	0,000189	5,24E+04	2,14E-02	0,649884	1,852611	6	11	15,0318	4,0095128
(7-8)	93	0,14	1,65	0,00165	0,04583	45,835	55,4	0,0554	0,6845	0,000271	3,79E+04	2,30E-02	0,924046	2,776657	7	11	15,5474	4,5235081
(8-12)	590	1,51	1,51	0,00151	0,04385	43,8474	55,4	0,0554	0,62642	0,000271	3,47E+04	2,35E-02	4,999617	7,776275	8	10	14,6233	4,6033425
(7-11)	590	1,47	1,47	0,00147	0,04326	43,2627	55,4	0,0554	0,60983	0,000271	3,38E+04	2,36E-02	4,764682	6,617293	12	8	9,62373	1,6047707
(5-9)	590	2,1	2,1	0,0021	0,05171	51,7088	55,4	0,0554	0,87118	0,000271	4,83E+04	2,20E-02	9,053386	10,25611	10	9	9,67019	0,6315022
(6-10)	590	1,57	1,57	0,00157	0,04471	44,71	55,4	0,0554	0,65131	0,000271	3,61E+04	2,33E-02	5,361646	7,729815	11	9	10,7827	1,7610855

## Annexe 3 : Modélisation réseau solution 2

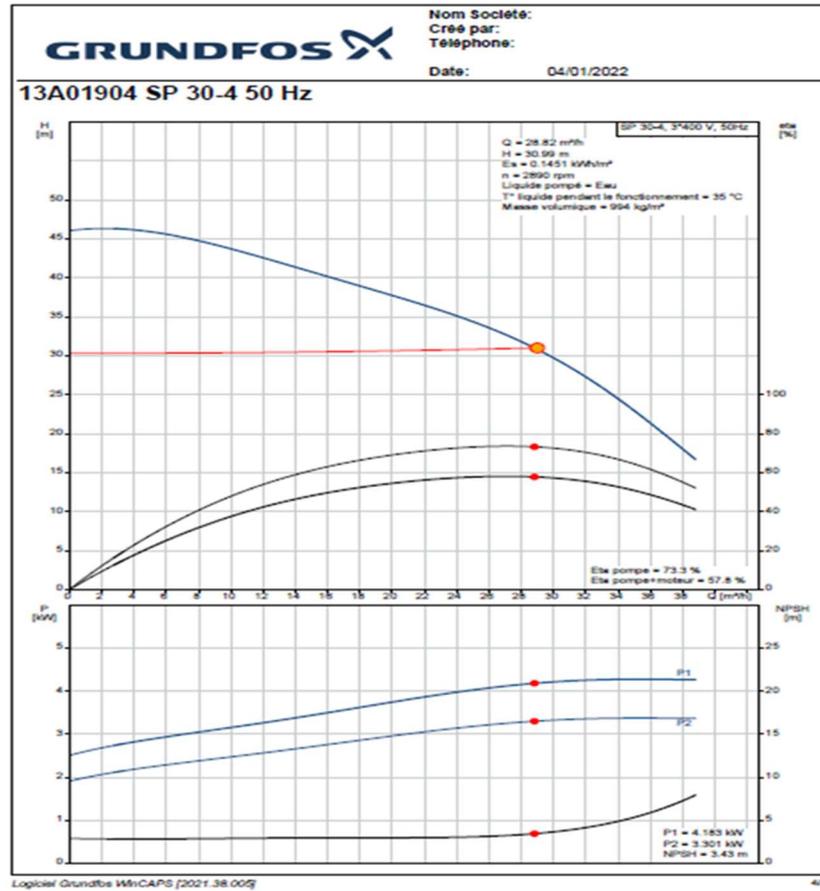
Vth	1			Viscosité	1,00E-06		K(mm)	0,015		g	9,81							
Tronçons	Longueur [m]	Soutirage à l'aval [l/s]	Débit tronçon	Débit tronçon en m3/s	Dth(m)	Dth(m)	Dcom(m)	Dcom(m)	V(m/s)	Re	Lamda	pdc(m)	pdc cum (m)	Nœuds	Altitudes aux nœuds	H(m)	Pressions (m)	
R-14	16		8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,03446	0,03446	R	11	36	
14-15	256		8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,551362	0,585822	14	11	35,9655	24,951484
15-13	899	0,31	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	1,936229	1,970689	15	10	35,4142	25,400121
(15-2)	384	0,75	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,827043	0,861503	13	7	34,0293	27,015255
(2-3)	203	0,39	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,437213	1,298716	2	12	35,1385	23,12444
(3-4)	218	0,31	8,2	0,0082	0,10218	102,179	141	0,141	0,52515	0,000106	7,40E+04	1,96E-02	0,469519	1,768236	3	12	34,7013	22,687227
(3-5)	82,2	0,08	7,17	0,00717	0,09555	95,5465	96,8	0,0968	0,97427	0,000155	9,43E+04	1,90E-02	0,857833	2,156549	4	12	34,2318	22,183385
(5-6)	110	0,14	1,72	0,00172	0,0468	46,7971	55,4	0,0554	0,71354	0,000271	3,95E+04	2,29E-02	1,295502	3,452051	5	11	33,8435	22,817501
(5-7)	108	0,14	3,27	0,00327	0,06453	64,5251	79,2	0,0792	0,66375	0,000189	5,26E+04	2,13E-02	0,718829	2,875378	6	11	32,5479	21,525494
(7-8)	93	0,14	1,65	0,00165	0,04583	45,835	55,4	0,0554	0,6845	0,000271	3,79E+04	2,30E-02	1,016451	3,891829	7	11	33,1246	22,100741
(8-12)	590	1,51	1,51	0,00151	0,04385	43,8474	55,4	0,0554	0,62642	0,000271	3,47E+04	2,35E-02	5,499579	9,391408	8	10	32,1082	22,088171
(7-11)	590	1,48	1,48	0,00148	0,04341	43,4096	55,4	0,0554	0,61398	0,000271	3,40E+04	2,36E-02	5,305227	8,180605	9	8	23,8847	15,865513
(5-9)	590	2,1	2,1	0,0021	0,05171	51,7088	55,4	0,0554	0,87118	0,000271	4,83E+04	2,20E-02	9,958725	12,11527	10	9	26,5825	17,543853
(6-10)	590	1,58	1,58	0,00158	0,04485	44,8522	55,4	0,0554	0,65546	0,000271	3,63E+04	2,33E-02	5,965413	9,417464	11	9	27,8194	18,797498
													5,499579	9,391408	12	8	26,6086	18,588592

## Annexe 4 : Catalogue choix de conduites Pehd PN10

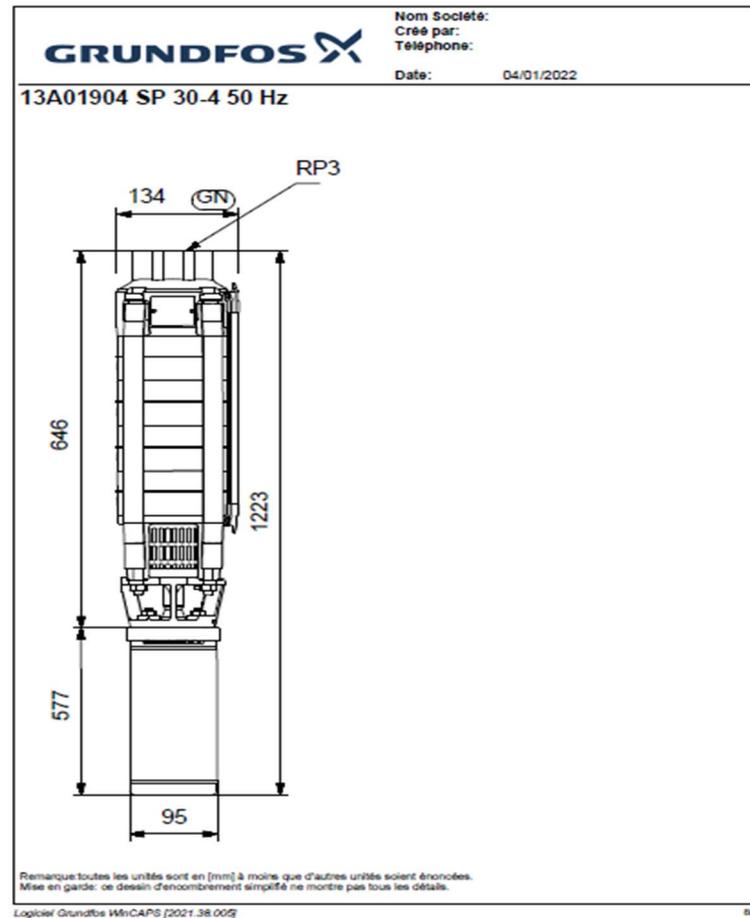
<b>Gamme tubes PEHD de Pression nominale 10 Bar</b>				
<b>CODE</b>	<b>DIAMETRE (mm)</b>	<b>EPAISSEUR (mm)</b>	<b>PRESSION</b>	<b>CONDITIONNEMENT</b>
640.06.020.09	20	**	10Bars	Rx 100Ml
640.06.025.09	25	**	10Bars	Rx 100Ml
640.06.032.09	32	2.0	10Bars	Rx 100Ml
640.06.040.09	40	2.4	10Bars	Rx 100Ml
640.06.050.09	50	3.0	10Bars	Rx 100Ml
640.06.063.09	63	3.8	10Bars	Rx 100Ml
640.06.075.09	75	4.5	10Bars	Rx 100Ml
640.06.090.09	90	5.4	10Bars	Rx 100Ml
640.06.110.09	110	6.6	10Bars	Rx 100Ml
640.06.125.09	125	7.4	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.160.09	160	9.5	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.200.09	200	11.9	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.250.09	250	14.8	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.315.09	315	18.7	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.400.09	400	23.7	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.500.09	500	29.7	10Bars	Tb 6 / 12Ml
640.06.630.09	630	37.4	10Bars	Tb 6 / 12Ml

Activer

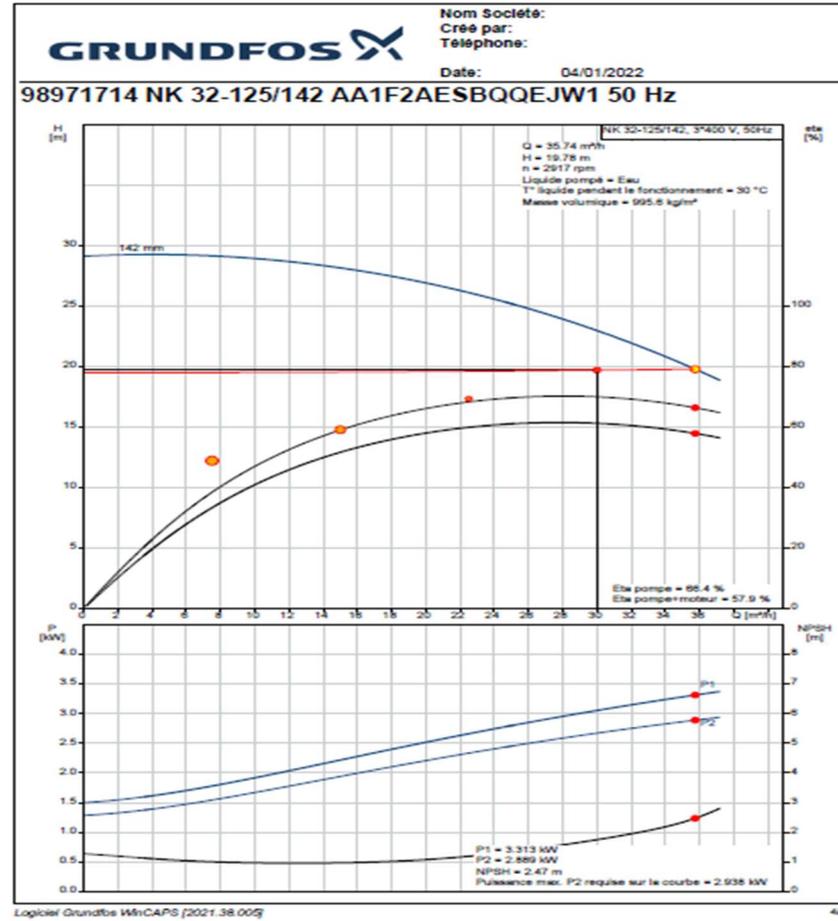
Annexe 5 : Courbes de performances de la pompe SP 30-4



Annexe 6 : Coupe de la pompe SP 30-4

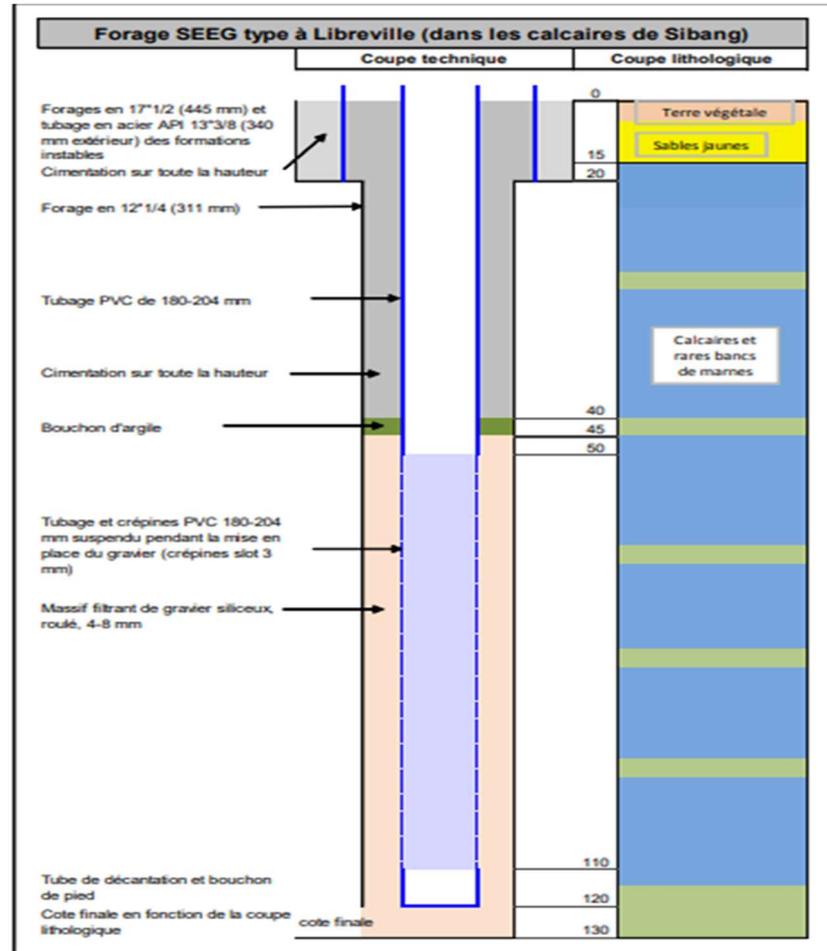


Annexe 7 : Courbes de performances de pompe NK 32-125





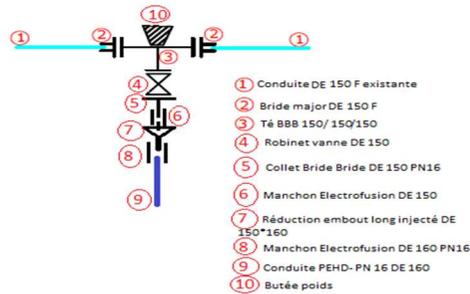
Annexe 9 : Coupe d'un forage type dans les calcaires de Sibang



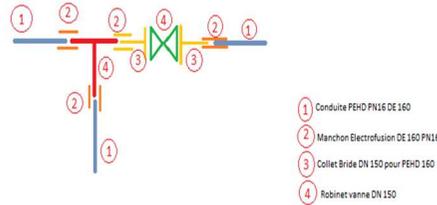
Annexe 10 : Carnet de nœuds

Noeud 1

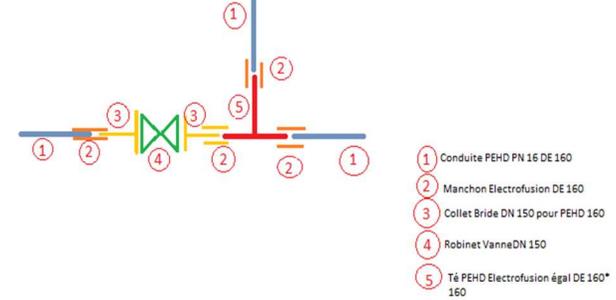
Détail : Raccordement DE160Pehd/150F



Noeud 2 Dérivation Pehd/160

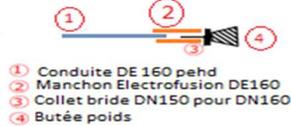


Noeud 3 Dérivation Pehd/160



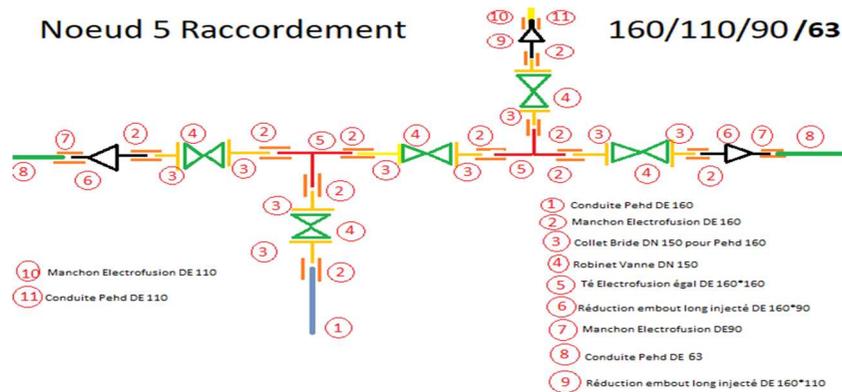
Noeud 4

Détail : Plaque pleine /160

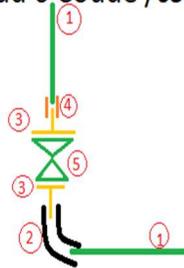


Noeud 5 Raccordement

160/110/90/63

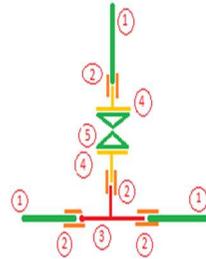


### Noeud 6 Coude /63



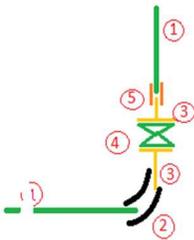
- ① Conduite Pehd PN10 DE 63
- ② Coude Pehd Electrofusion PN10 DE63
- ③ Collet Bride pour Pehd DE63
- ④ Manchon Electrofusion DE 63
- ⑤ Robinet Vanne DN 80

### Noeud 7 Dérivation / 63



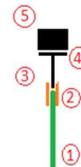
- ① Conduite Pehd DE63 PN 10
- ② Manchon Electrofusion DE63 PN10
- ③ Té Pehd Electrofusion égal DE 63\*63 PN10
- ④ Collet Bride pour Pehd DE.63
- ⑤ Robinet Vanne DN80

### Noeud 8 Coude/63



- ① Conduite Pehd DE63 PN 10
- ② Coude Pehd Electrofusion PN10 DE.63
- ③ Collet Bride pour DE63 pour Pehd63
- ④ Robinet Vanne DN80
- ⑤ Manchon Electrofusion DE63 PN10

### Noeud 9 Plaque pleine



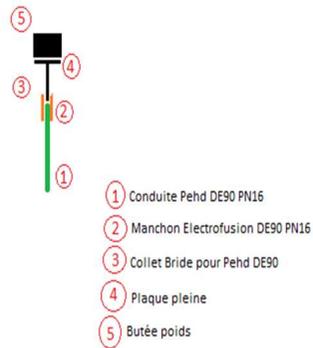
- ① Conduite Pehd DE63 PN10
- ② Manchon Electrofusion DF63 PN.10
- ③ Collet Bride pour Pehd DE 63
- ④ Plaque pleine
- ⑤ Butée poids

### Noeud10 Plaque pleine

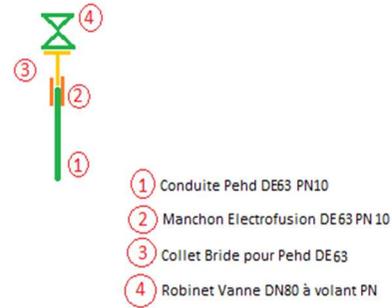


- ① Conduite Pehd DE63 PN 10
- ② Manchon Electrofusion DE63 PN10
- ③ Collet Bride pour Pehd DE63
- ④ Plaque pleine
- ⑤ Butée poids

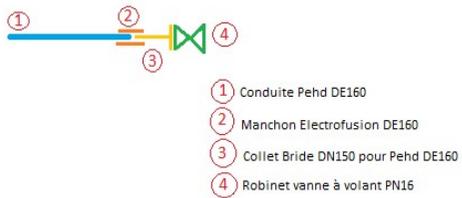
### Noeud 11 Plaque pleine



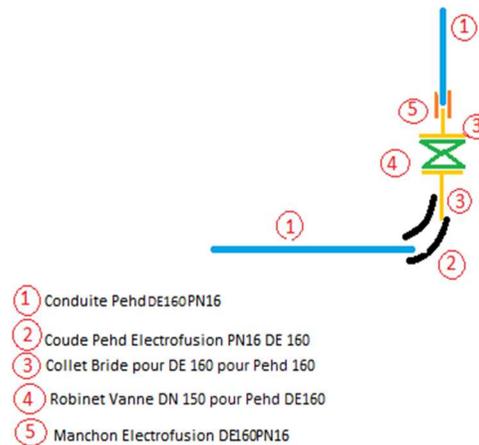
### Noeud 12 Vidange



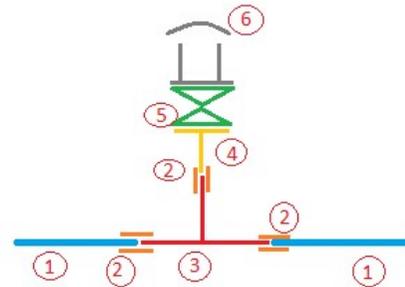
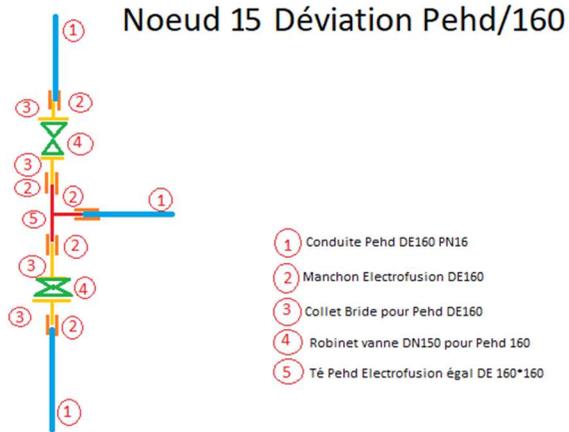
### Noeud 13 Vidange



### Noeud 14 Coude/160



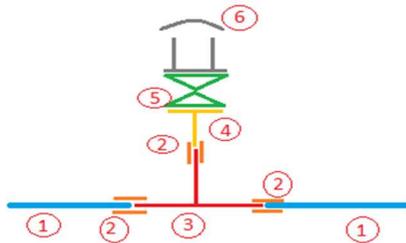
## Noeud 16 Ventouse



⑥ Ventouse simple fonction PN16

- ① Conduite Pehd DE160 PN16
- ② Manchon Electrofusion DE160
- ③ Tê Electrofusion égal 160\*160
- ④ Collet Bride DN150 pour Pehd DE160
- ⑤ Vanne d'arrêt 1/4 de tour

## Noeud 17 Ventouse



⑥ Ventouse simple fonction PN16

- ① Conduite Pehd DE 63 PN10
- ② Manchon Electrofusion DE63
- ③ Tê Electrofusion égal 63\*63
- ④ Collet Bride pour Pehd DE63
- ⑤ Vanne d'arrêt 1/4 de tour

Annexe 11 : Simulation Epanet Solution 2

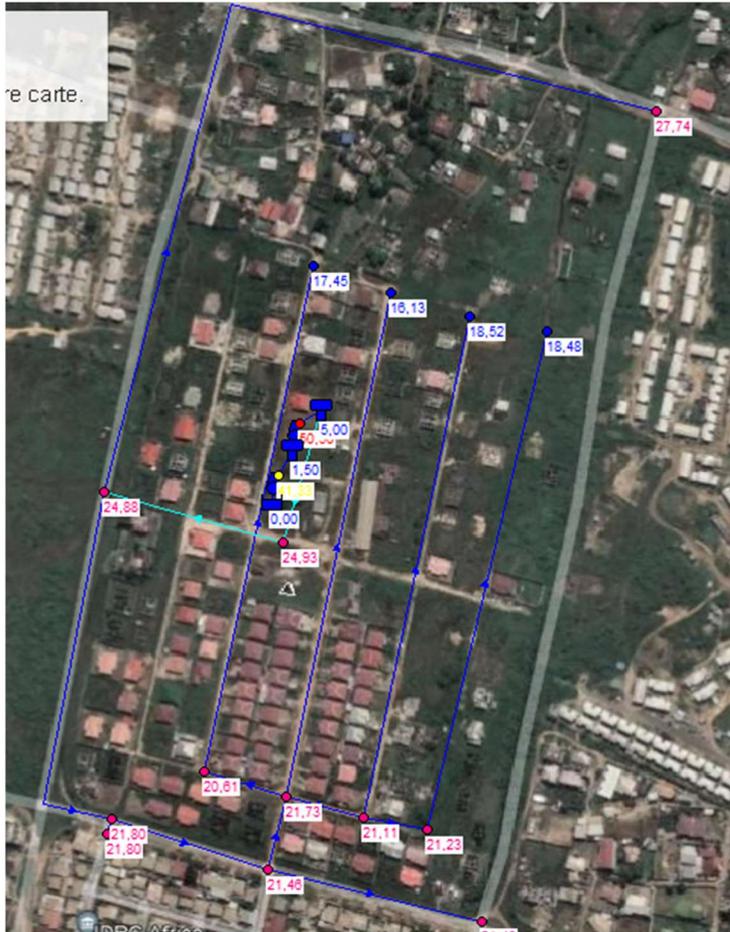


Figure 12: Simulation période de faibles consommations (24h)

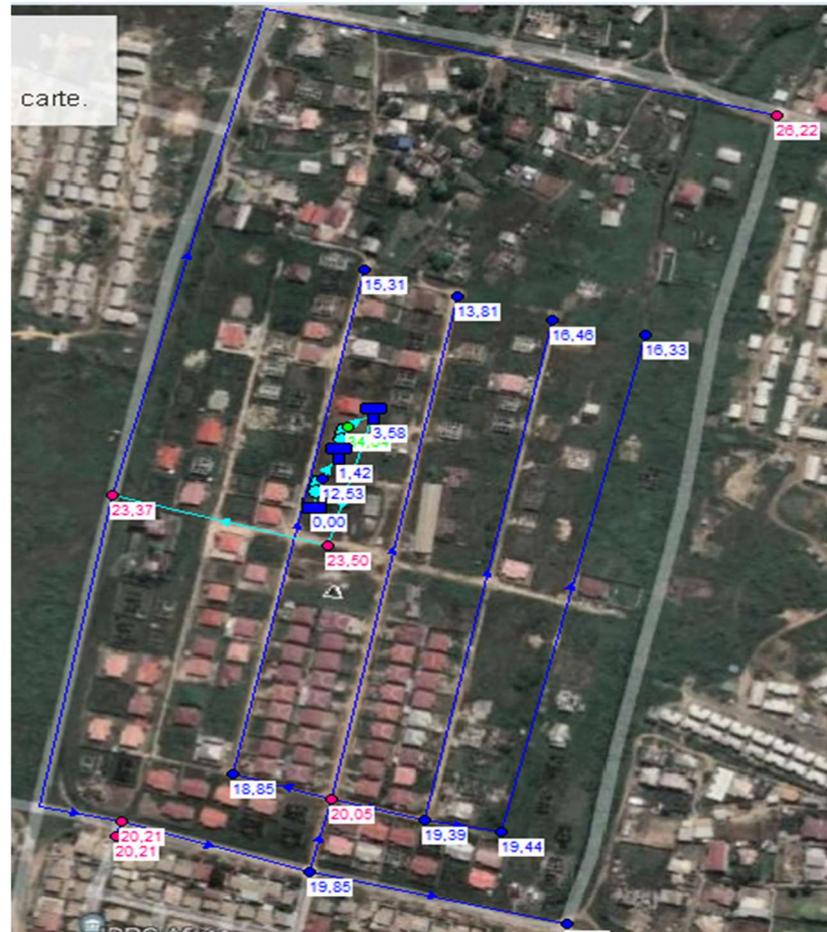


Figure 13 : Simulation période de fortes consommations (19h)

## Annexe 12 : Devis solution 1

<b>ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU LOTISSEMENT SCI SERPENTINS ANGONDJE-LIBREVILLE</b>					
<b>DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF</b>					
<b>N°</b>	<b>Désignation de la prestation</b>	<b>Unité</b>	<b>Qté</b>	<b>PU</b>	<b>PT</b>
<b>I. Travaux préliminaires</b>					
1.1	Installation de chantier de niveau 1	Ft	1	1 500 000	1 500 000
1.2	Panneaux de signalisation du chantier, de la circulation, pilotage de la circulation	Ft	1	350 000	350 000
1.3	Panneaux d'indication de chantier	U	3	400 000	1 200 000
1.4	Sondage de reconnaissance en terrain latéritique	U	1	160 000	160 000
1.5	Dossier d'exécution des ouvrages	Ft	1	350 000	350 000
<b>Sous total travaux préliminaires</b>					<b>3 560 000</b>
<b>II. Travaux de génie civil</b>					
2.1	Tranchée pour canalisation : 125<DN ≤ 250mm	ml	1 086	7 000	7 602 000
	Tranchée pour canalisation : DN< 125mm	ml	2 671	6 000	16 026 000
2.2	Latérite compactée	m3	1 052	11 800	12 413 600
2.3	Sable de remblai ordinaire	m3	1 897	16 000	30 352 000
2.6	Construction de regard : Conduite DN ou DE ≤ 200 mm	U	13	900 000	11 700 000
2.8	Butée poids	m3	6,00	275 000	1 650 000
<b>Sous total travaux de génie civil</b>					<b>79 743 600</b>
<b>III. Travaux de canalisation</b>					
3.2	Fourniture et pose d'une conduite Pehd DE160 PE100 PN16	ml	1808,2	20 000	36 164 000
3.3	Fourniture et pose d'une conduite Pehd DE110 PE100 PN16	ml	590	14 000	8 260 000
3.4	Fourniture et pose d'une conduite Pehd DE90 PE100 PN16	ml	2081	11 000	22 891 000
3.5	Plus-value pour croisement de réseau existants (Réseau électrique HTA)	Forf	3	500 000	1 500 000
3.6	Pièces spéciales de montage Pehd 160	ml	108,6	20 000	2 172 000
3.7	Pièces spéciales de montage Pehd 110	ml	59	14 000	826 000
3.8	Pièces spéciales de montage Pehd 90	ml	208,1	11 000	2 289 100
3.9	Raccordement sur conduite existante 160 Pehd	U	3	240 000	720 000
3.10	Raccordement sur conduite existante 90 Pehd	U	3	180 000	540 000
3.11	Essais de pression de canalisation	Km	3,8	420 000	1 579 200
3.12	Désinfection de canalisation	Km	3,8	300 000	1 128 000
3.13	Raccordement sur conduite existante 150 Pehd	U	1	240 000	240 000
<b>Sous total travaux de canalisation</b>					<b>78 309 300</b>
<b>V. Travaux de fin de chantier</b>					
3.1	Recollement : Plan des ouvrages exécutés	Ens	1	890 000	890 000
3.2	Nettoyage de chantier et repli chantier	Ft	1	860 000	860 000
<b>Sous total travaux de fin de chantier</b>					<b>1 750 000</b>
<b>Sous-Total</b>					<b>163 362 900</b>
<b>Eloignement 1,23</b>					<b>200 936 367</b>
<b>TOTAL HT</b>					<b>200 936 367</b>
<b>TVA 18%</b>					<b>36 168 546</b>
<b>CSS 1%</b>					<b>2 009 364</b>
<b>TOTAL TTC</b>					<b>239 114 277</b>

## Annexe 13 : Devis solution 2

DETAIL QUANTITATIF ESTIMATIF					
ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU LOTISSEMENT SCI SERPENTINS ANGONDJE-LIBREVILLE					
PRIX N°	LIBELLE DES PRIX	U	Qté	P.U (Fcfa)	P.T (Fcfa)
<b>1</b>	<b>Etudes prospectives</b>				
1.1	Mobilisation et replis du matériel, mise à disposition du p				
1.2	Amenagement site (pistes et layons) sur une superficie a définir				
1.3	Études Géologiques et Hydrogéologiques				
1.4	Études Géo-Électrique (trainés électriques et sondages électriques verticaux) et de mesures de potentiels spontanés (Profils et tomographie 2D) sur 1000 m	ff	1	8 000 000	8 000 000
1.5	Traitement, analyse, interprétation des données acquises				
1.6	Implantation de 3 sites favorables, Rapport et recommandations de du design du forage				
<b>2</b>	<b>Préparation, Accès et plateforme/Installation</b>				
2.3	Préparation, Installation et repli du chantier y compris main d'oeuvre, engin de transport du matériel nécessaire au forage et local technique	ft	1	25 000 000	25 000 000
2.4	Mise en place du chantier du forage	ft	1	3 000 000	3 000 000
2.5	Déplacement de chantier à chantier	ft	2	1 000 000	2 000 000
<b>3</b>	<b>Foration et Echantillonnage</b>				
3.1	Foration rélésage au diamètre 12"1/ 4	ml	150	190 000	28 500 000
3.3	Diagraphies	ff	1	3 000 000	3 000 000

<b>4</b>	<b>Equipement des forages</b>				
4.1	Fourniture et mise en place tubage PVC plein D 200	ml	50	87 600	4 380 000
4.2	Fourniture et mise en place tubage PVC crépiné D 200	ml	60	75 000	4 500 000
4.3	Fourniture et mise en place bouchon d'argile pour forage ( type Sobranite)	u	3	60 000	180 000
4.4	Fourniture et mise en place bouchon d'argile pour piézomètre ( type Sobranite)	u	1	40 000	40 000
4.5	Cimentation anti - pollution (60 m par forage)	ml	120	80 000	9 600 000
4.6	Mise en place du massif (40 m par forage)	ml	80	50 000	4 000 000
4.7	Dalle en béton autour de la tête du forage	ft	2	500 000	1 000 000
4.8	Tête de Forage	u	2	350 000	700 000
<b>5</b>	<b>Développement et essais par pompage</b>				
5.1	Nettoyage de l'aquifère à l'Air-lift (2h avant tubage + 5h après)	h	21	200 000	4 200 000
5.3	Essai de pompage ( 12 h par forage)	h	36	150 000	5 400 000
5.4	Mesure pendant la remontée de la nappe ( 12 h par forage )	h	36	80 000	2 880 000
<b>6</b>	<b>Equipements hydrauliques</b>				
6.1	Fourniture et pose d'une pompe immergée (Q= x m3/h)	u	2	2 300 000	4 600 000
6.2	Fourniture et pose des câbles d'alimentation électrique				0
6.3	Fourniture et pose du câble de sécurité de la pompe	h	90	80 000	7 200 000
6.4	Fourniture et pose des sondes	ff	2	3 000 000	6 000 000

## ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU LOTISSEMENT SCI-SERPENTINS A ANGONDJE-LIBREVILLE AU GABON

<b>7</b>	<b>Château d'eau</b>				
7.1	Château d'eau métallique d'une capacité de 120m3 et raccordement au réseau	u	1	96 000 000	96 000 000
<b>8</b>	<b>Divers</b>				
7.1	Prélèvement d'eau pour mesures de conductivité	u	2	200 000	400 000
<b>9</b>	<b>Dossier de recollement</b>				
8.1	Dossier de recollement	ff	2	500 000	1 000 000
<b>10</b>					
				Montant total hors taxes	<b>221 580 000</b>
				<b>MONTANT TOTAL HT</b>	<b>221 580 000</b>
				TVA 18%	39 884 400
				<b>MONTANT TOTAL TTC</b>	<b>261 464 400</b>
					500 578 677



ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU LOTISSEMENT SCI-SERPENTINS A ANGONDJE-LIBREVILLE AU  
GABON